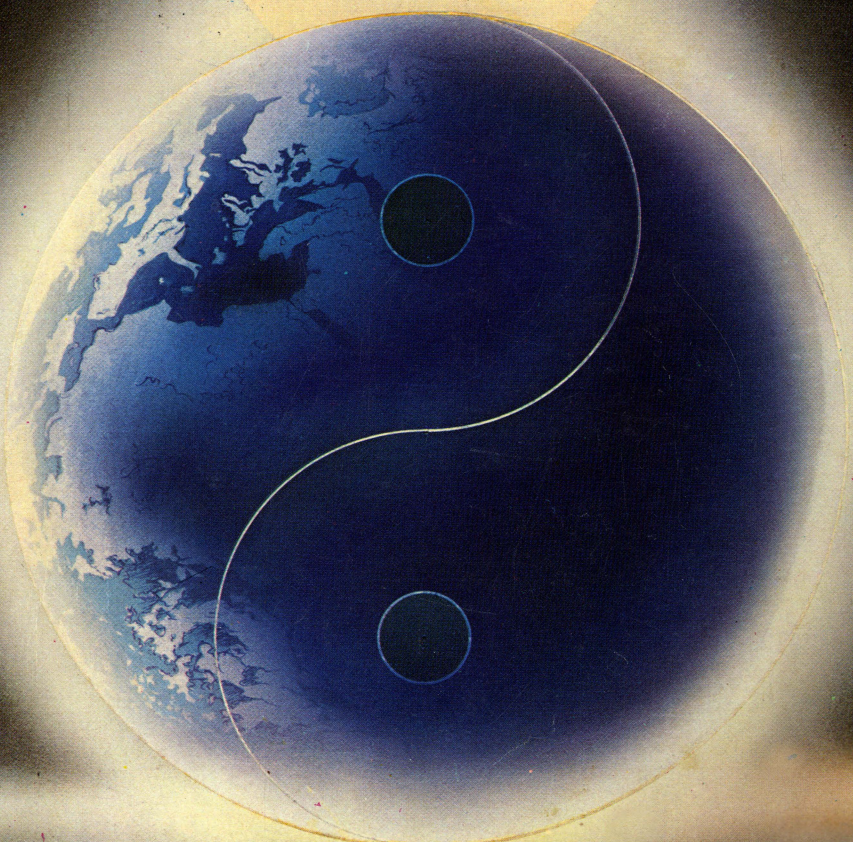
FRITJOF CAPRA

LE TAO DE LA PHYSIQUE



TCHOU

FRITJOF CAPRA

LE TAO

DE LA PHYSIQUE

TCHOU
2, rue du Pont-Neuf, Paris 1er

Origine des Illustrations

Fermi National Library, Batavia, Illinois, 12-13.
Cliché Gary Elliott Burke, 39.
CERN, Genève, Suisse, 54-55, 81, 238, 240.
Reproduit de *Zazen,* par E. M. Hooykaas et B. Schierbeek, Omen Press, Tucson, Arizona, 84.
Propriété de Eliot Elisofon, 86, 150.
Gunvor Moitessier, 93.
Reproduit de *The Evolution of the Buddha Image,* par Benjamin Rowland Jr., The Asia Society, New York, 96.
Gulbenkian Museum of Modern Art, 104, 114, 192.
Reproduit de *Zen and Japanese Culture,* par D. T. Suzuki, Bollingen Series LXIV, avec l'autorisation de Princeton University Press, 122, 262, 263.
Reproduit de *Physics in the Twentieth Century,* par Victor Weisskopf, M.I.T. Press, Cambridge, Massachusetts, 137.
Nordisk Pressefoto, Copenhague, Danemark, 146.
Observatoire Hale, Pasadena, Californie, 199.
Laboratoires Lawrence Berkeley, Berkeley, Californie, 206, 210, 228, 237, 242, 271.
Argonne National Laboratory, Argonne, Illinois, 234, 236.
Reproduit de *The Arts of India,* par Ajit Mookerjee, Thames and Hudson, Londres, 247.
Clinton S. Bond / B.B.M., 290.

© 1975, by Fritjof Capra pour l'édition en langue anglaise.
© Tchou, éditeur 1979, pour la traduction française.

Il est probablement vrai qu'en général, dans l'histoire de la pensée humaine, les développements les plus féconds naissent à l'intersection de deux courants d'idées. Les courants peuvent avoir leur origine dans des domaines totalement différents de la culture, à des époques et en des lieux culturels divers. Dès lors qu'ils se rencontrent effectivement et entretiennent une relation suffisante pour qu'une réelle interaction puisse s'exercer, on peut espérer des développements nouveaux et intéressants.

WERNER HEISENBERG.

Préface

Il y a cinq ans, j'ai eu une belle expérience qui m'a conduit à écrire ce livre. J'étais assis au bord de l'océan un soir d'été, regardant les vagues déferler et sentant le rythme de ma respiration, lorsque je pris soudain conscience de tout mon environnement comme étant engagé dans une gigantesque danse cosmique. Étant physicien, je savais que le sable, les roches, l'eau et l'air autour de moi étaient composés de molécules vibrantes et d'atomes, consistant en particules qui en créent et en détruisent d'autres par interaction. Je savais aussi que l'atmosphère de la terre était continuellement bombardée par des pluies de rayons cosmiques, particules de haute énergie subissant de multiples collisions lorsqu'elles pénètrent dans l'air. Tout cela m'était familier de par ma recherche en physique des hautes énergies, mais jusque-là je l'avais seulement expérimenté à travers des graphes, des diagrammes et des théories mathématiques. Tandis que je me tenais sur la plage, mes expériences théoriques passées devinrent vivantes. Je vis des cascades d'énergie descendre de l'espace au sein desquelles les particules étaient créées et détruites selon des pulsations rythmiques. Je vis les atomes des éléments et ceux de mon corps participer à cette danse cosmique de l'énergie. J'en sentais les rythmes et j'en entendais les sons, et à ce moment précis je sus que c'était la danse de Shiva, le seigneur de la danse adoré par les hindous.

J'étais passé par un long entraînement aux théories physiques après plusieurs années de recherche. En même temps, je m'étais beaucoup intéressé aux mystiques orientales et j'avais commencé à repérer des parallèles avec la physique moderne. J'étais particulièrement attiré par les aspects embarrassants du Zen qui me rappelaient les problèmes de la théorie des quanta. Tout d'abord, cependant, établir une relation entre

les deux était un pur exercice intellectuel. Franchir l'abîme qui sépare la pensée rationnelle et analytique de l'expérience méditative de la vérité mystique restait très difficile pour moi.

Au début, je fus aidé dans ma vie par le « pouvoir des plantes » qui me montra comment l'esprit peut voler librement, comment les « aperçus spirituels » viennent d'eux-mêmes, sans aucun effort, émergeant du fond de la conscience. Je me rappelle la première de ces expériences. Venant comme elle vint, après des années de pensée analytique approfondie, elle me submergea au point que je fondis en larmes et qu'en même temps, un peu comme Castaneda, j'éprouvai le besoin de noter mes impressions sur une feuille de papier.

Plus tard vint l'expérience de la danse de Shiva, que j'ai essayé de rendre avec la photo-montage reproduite page 228. Suivirent plusieurs expériences similaires qui m'aidèrent graduellement à réaliser qu'une vision cohérente du monde commence à émerger de la physique moderne, en harmonie avec l'ancienne sagesse orientale. Je pris des notes durant des années et écrivis quelques articles sur les parallèles que je continuais à découvrir, jusqu'à ce que, finalement, je rassemble mes expériences dans ce livre.

Cet ouvrage est destiné au commun des lecteurs intéressés par les spiritualités orientales, même s'ils sont ignorants en physique ; j'ai essayé de présenter les principaux concepts et théories de la physique moderne sans mathématiques et dans un langage non technique, cependant quelques paragraphes peuvent encore paraître difficiles au profane à la première lecture. Les termes techniques que j'ai introduits sont tous définis lorsqu'ils apparaissent pour la première fois et sont répertoriés dans l'index à la fin du livre.

J'espère aussi trouver parmi mes lecteurs beaucoup de scientifiques portant de l'intérêt aux aspects philosophiques de la physique, même s'ils n'ont pas encore pris contact avec les philosophies religieuses de l'Orient. Ils découvriront que la spiritualité orientale procure un cadre philosophique cohérent et harmonieux qui peut servir à nos théories les plus avancées du monde physique.

En ce qui concerne le contenu de ce livre, le lecteur ressentira peut-être un certain déséquilibre entre l'exposé des concepts scientifiques et celui des notions spirituelles. Tout au long de l'ouvrage, il progressera régulièrement dans la compréhension de la physique, mais peut-être pas autant dans celle de la spiritualité orientale. Cela semble inévitable,

le mysticisme étant avant tout une expérience, que l'on ne saurait tirer des livres. On ne peut pénétrer profondément dans une tradition spirituelle quelle qu'elle soit que lorsqu'on a décidé de s'y engager activement. J'espère seulement susciter le sentiment qu'un tel engagement serait hautement gratifiant.

La rédaction de ce livre m'a permis d'approfondir ma compréhension de la pensée orientale. De cela je suis redevable à deux hommes venus d'Orient. Je suis profondément reconnaissant envers Phiroz Mehta pour m'avoir ouvert les yeux sur plusieurs aspects de la spiritualité indienne et au maître de T'ai Chi, Lin Hsin-Chi, pour m'avoir initié au taoïsme vivant.

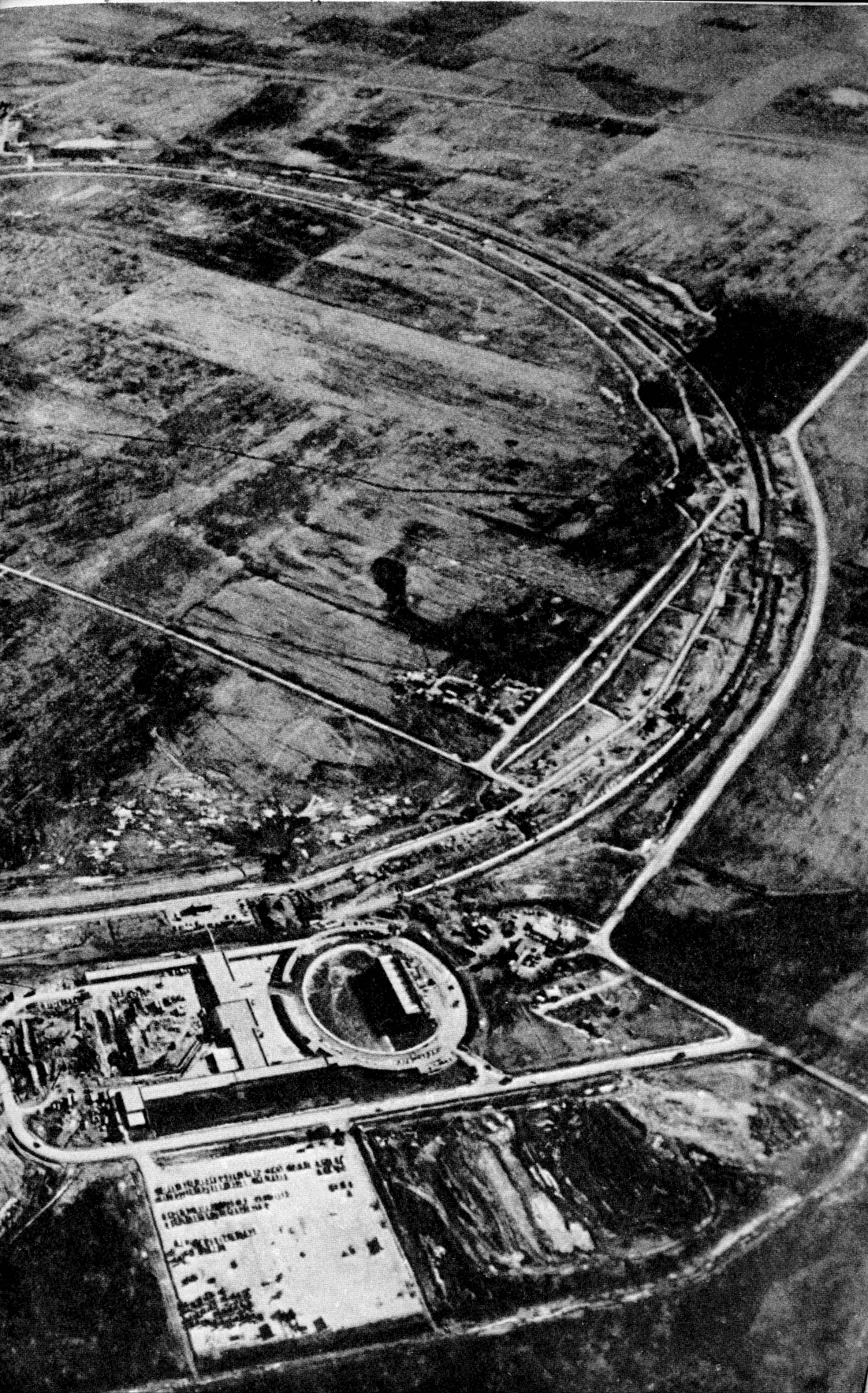
Il m'est impossible de mentionner tous les noms des scientifiques, artistes, étudiants et amis qui m'ont aidé à formuler mes idées au cours de discussions stimulantes. Toutefois, je dois remercier tout particulièrement Graham Alexander, Jonathan Ashmore, Stratford Caldecott, Lyn Gambles, Sonia Newby, Ray Rivers, Joël Scherk, George Sudarshan, ainsi que, *last but not least,* Ryan Thomas.

Enfin, je suis redevable à Mme Pauly Bauer-Ynnhof, de Vienne, pour son généreux soutien financier à un moment où il m'était plus que nécessaire.

Fritjof Capra
Londres,
décembre 1974

Tout chemin est seulement un chemin, et il n'y a pas offense envers soi-même ou les autres à le quitter si le cœur t'en dit... Regarde chaque chemin séparément et délibérément. Essaie-les autant de fois qu'il te paraît nécessaire. Puis demande-toi, et à toi seul : ce chemin a-t-il un cœur ? S'il en a, le chemin est bon ; s'il n'en a pas, il n'est d'aucune utilité.

Carlos Castaneda,
L'Herbe du diable et la petite fumée.



Première partie

La voie de la physique

1
La physique moderne

UN CHEMIN AVEC UN CŒUR ?

La physique moderne a exercé une profonde influence sur presque tous les aspects de la société. Elle est devenue la base des sciences de la nature, et la combinaison de la science et de la technique a fondamentalement changé les conditions de vie sur notre planète, en bien comme en mal. Aujourd'hui il n'existe presque aucune industrie qui n'utilise les résultats de la physique nucléaire et l'influence de celle-ci sur la structure politique du monde à travers son application à l'armement atomique est bien connue. Quoi qu'il en soit, l'influence de la physique moderne s'étend au-delà de la technologie. Elle atteint le domaine de la pensée et de la culture, où elle a conduit à une révision profonde de la conception que l'homme se fait de l'univers et de sa relation avec lui. L'exploration du monde atomique et subatomique au XX^{e} siècle a révélé l'étroitesse des idées classiques et a nécessité une révision radicale de beaucoup de nos concepts fondamentaux. La notion de matière dans le monde subatomique, par exemple, est totalement différente de l'idée traditionnelle de substance matérielle dans la physique classique. Cela est également vrai des notions d'espace, de temps, de cause et d'effet. Ces notions structurent notre vision du monde, et celle-ci change en même temps qu'elles.

Ces changements, provoqués par la physique moderne, ont été largement discutés par les physiciens et les philosophes durant les dernières décennies, mais on a très rarement compris qu'ils semblent tous conduire dans une même direction, vers une conception du monde proche de celle qu'on trouve, traditionnellement, en Orient. Les concepts de la physique

moderne offrent souvent des parallèles surprenants avec les idées exprimées dans les philosophies religieuses de l'Orient. Bien que ces parallèles n'aient pas été, jusqu'à maintenant, examinés en profondeur, ils ont été remarqués par certains grands physiciens de notre siècle, quand ceux-ci sont entrés en contact avec la culture orientale durant leurs tournées de conférences aux Indes, en Chine et au Japon. Les trois citations suivantes illustrent ce fait :

« Les découvertes de la physique atomique ne nous apprennent sur l'entendement humain rien de totalement étranger, nouveau ou inédit en soi. Ces idées ont une histoire même dans notre propre culture et, dans la pensée bouddhique et hindoue, elles tiennent une place plus considérable et plus centrale. Dans ces découvertes, nous trouverons une application, un renforcement et un raffinement de l'antique sagesse [1]. »

Julius Robert Oppenheimer.

« Parallèlement aux leçons de la théorie atomique [...] nous devons nous tourner vers les problèmes épistémologiques auxquels déjà des penseurs comme le Bouddha et Lao-tseu ont été confrontés, en essayant d'harmoniser notre situation de spectateurs et acteurs dans le grand drame de l'existence [2]. »

Niels Bohr.

« L'importante contribution du Japon à la théorie de la physique, depuis la dernière guerre, indique peut-être une certaine parenté entre les idées philosophiques traditionnelles de l'Extrême-Orient et la substance philosophique de la théorie quantique [3]. »

Werner Heisenberg.

Le propos de ce livre est d'explorer cette relation entre les concepts de la physique moderne et les notions fondamentales de la philosophie et des traditions religieuses de l'Extrême-Orient. Nous le verrons, les deux bases de la physique du XX[e] siècle, la théorie des quanta et la théorie de la

1. J. R. Oppenheimer, *La Science et la compréhension du sens commun (Science and the common understanding)*, p. 8-9.
2. N. Bohr, *Physique atomique et connaissance humaine (Atomic Physics and Human Knowledge)*, p. 20.
3. W. Heisenberg, *Physique et philosophie (Physics and Philosophy)*, p. 202.

relativité, nous conduisent l'une et l'autre à une perception du monde très parente de celle d'un bouddhiste ou d'un taoïste. Cette ressemblance augmente lorsqu'on observe les récentes tentatives en vue de combiner ces deux théories afin de décrire les phénomènes du monde inframicroscopique : les propriétés et les actions réciproques des particules subatomiques dont toute matière est formée. Ici les parallèles entre la physique moderne et la spiritualité orientale s'avèrent tout à fait remarquables, et l'on rencontre même des énoncés dont il est presque impossible de dire s'ils proviennent de physiciens ou de mystiques orientaux.

Lorsqu'on fait allusion à la spiritualité orientale, il s'agit des philosophies religieuses hindouistes, bouddhistes ou taoïstes. Bien que celles-ci comprennent un grand nombre de disciplines spirituelles et de systèmes philosophiques subtilement entremêlés, les traits essentiels de leur vision du monde sont identiques. Cette vision n'est pas limitée à l'Orient, mais peut se retrouver jusqu'à un certain point dans toutes les philosophies d'orientation mystique. Le propos de cet ouvrage peut donc être exprimé de façon plus générale, en disant que la physique moderne nous conduit à une vision du monde très proche de celle des mystiques de tout temps et de toutes traditions. Des traditions mystiques sont présentes dans toutes les religions, et certains éléments peuvent être trouvés dans mainte école philosophique occidentale. Les parallèles avec la physique moderne apparaissent non seulement dans les Veda, le Yi king ou les *sutra* bouddhistes, mais également dans les aphorismes d'Héraclite, le soufisme d'Ibn Arabi ou les enseignements du sorcier yaqui Don Juan. La différence entre les spiritualités occidentale et orientale réside en ce que les écoles mystiques ont toujours eu une fonction marginale en Occident, tandis qu'elles constituent le courant principal de la pensée philosophique et religieuse de l'Asie. On parlera donc, pour plus de simplicité, de « vision orientale du monde » et l'on ne mentionnera qu'occasionnellement d'autres sources spirituelles.

Si la physique nous conduit aujourd'hui à une vision du monde essentiellement mystique, elle remonte en un sens à ses débuts, il y a deux mille cinq cents ans. Il est intéressant de suivre l'évolution de la science occidentale le long de son chemin en spirale partant des philosophies mystiques des présocratiques et s'épanouissant en un développement impressionnant de la spéculation intellectuelle, qui, de plus en plus, se détourne de ses origines mystiques pour édifier une vision du monde contrastant avec celle de l'Extrême-

Orient. Dans ses développements les plus récents, la science occidentale a finalement dépassé cette conception pour revenir à celle des anciens Grecs et des philosophies orientales. Toutefois, la nouvelle vision du monde n'est pas seulement fondée sur l'intuition, mais également sur des expériences d'une grande précision et d'une haute complexité, et sur une formalisation mathématique cohérente et rigoureuse.

Les origines de la physique, comme de toute la science occidentale, remontent à la première période de la philosophie grecque, au VI^e siècle avant Jésus-Christ, dans une culture où science, philosophie et religion n'étaient pas séparées. Les sages de l'école de Milet en Ionie n'étaient pas concernés par de telles distinctions. Leur recherche visait à découvrir la nature essentielle de la constitution réelle des choses, qu'ils nommaient *physis*. Le terme de physique est un dérivé de ce mot grec et signifie donc, originellement, tentative de voir la nature essentielle de toute chose.

Cela, bien sûr, est aussi l'objet de toute mystique, et la philosophie de l'école de Milet avait, bien entendu, un fort relent de mysticisme. Les milésiens furent nommés « hylozoïstes », ou « ceux qui pensent que la matière est vivante », parce qu'ils ne faisaient pas de distinction entre animé et inanimé, esprit et matière. De fait, ils n'avaient même pas de terme pour nommer la matière, puisqu'ils voyaient toutes les formes d'existence comme des manifestations de la *physis*, dotées de vie et de spiritualité. Ainsi Thalès déclarait-il que toutes les choses sont pleines de Dieu, et Anaximandre voyait l'univers comme une sorte d'organisme soutenu par *pneuma*, le souffle cosmique, de la même façon que le corps humain est soutenu par l'air.

Si la conception organique et moniste des milésiens était très proche de celle de l'ancienne philosophie chinoise et indienne, les parallèles avec la pensée orientale sont encore plus marqués dans la philosophie de Héraclite d'Éphèse. Héraclite croyait en un monde de perpétuel changement, d'éternel devenir. Pour lui, toute existence statique était illusoire et son principe universel était le feu, symbole du flux continuel de toutes choses. Héraclite pensait que tous les changements dans l'univers provenaient de l'interaction dynamique et cyclique des contraires, dont il soulignait l'unité. Cette unité, qui contient et transcende toutes les forces opposées, est nommée par lui *logos*.

La rupture de cette unité commence avec l'école des Éléates, qui admet un principe divin dominant des dieux et des hommes. D'abord identifié à l'unité de l'univers, ce principe

fut ultérieurement conçu comme un dieu intelligent et personnel qui transcende et dirige l'univers. Ainsi commença un courant de pensée qui conduisit, en fin de compte, à la séparation de l'esprit et de la matière et au dualisme qui caractérise désormais la philosophie occidentale.

Parménide d'Élée, qui était vraiment en désaccord avec Héraclite, fit un pas décisif dans cette direction. Il appela Être son principe fondamental et soutint qu'il était unique et invariable. Il considérait le changement comme impossible et les modifications que nous percevons dans le monde comme de pures illusions des sens. La notion d'une substance indestructible, dotée de diverses propriétés, émergea de ces philosophies et devint l'un des concepts fondamentaux de la pensée occidentale.

Au Ve siècle avant notre ère, les philosophes grecs essayèrent de surmonter la contradiction aiguë entre les vues de Parménide et celles de Héraclite. Afin de réconcilier l'idée d'un Être immuable avec celle de l'éternel devenir, ils supposèrent que l'Être se manifeste sous la forme de certaines substances invariables, dont le mélange et la séparation donnent naissance aux changements dans le monde. Cela conduisit à la notion d'atome, la plus infime unité indivisible de matière, qui a trouvé son expression la plus claire dans les philosophies de Leucippe et de Démocrite. Les atomistes grecs tracèrent une claire ligne de démarcation entre l'esprit et la matière, décrivant cette dernière comme composée de « briques » fondamentales, particules purement passives et intrinsèquement mortes se mouvant dans le vide. La cause de leur mouvement demeurait inexpliquée, mais était souvent associée à des forces externes supposées être d'origine spirituelle et fondamentalement différentes de la matière. Dans les siècles suivants, cette image devint un élément essentiel de la pensée occidentale et de la dualité de la matière et de l'esprit, du corps et de l'âme.

Comme l'idée d'une dualité entre l'esprit et la matière se maintenait, les philosophes tournèrent leur attention vers le monde spirituel, vers l'âme humaine et les problèmes éthiques, plutôt que vers le monde matériel. Ces questions allaient occuper la pensée occidentale pendant plus de deux millénaires après l'apogée de la science et de la culture grecques aux Ve et IVe siècles avant notre ère. La connaissance scientifique de l'Antiquité fut systématisée et organisée par Aristote, qui créa le schéma qui allait fonder la vision occidentale de l'univers pendant deux mille ans. Mais Aristote lui-même accordait beaucoup plus d'importance aux ques-

tions concernant l'âme humaine et la contemplation de la perfection divine qu'aux investigations portant sur le monde matériel. La raison pour laquelle le modèle aristotélicien de l'univers régna sans conteste pendant si longtemps est précisément liée à cette absence d'intérêt envers le monde matériel et à la forte pression de l'Église catholique, qui soutint la doctrine d'Aristote durant tout le Moyen Age.

Il faut attendre la Renaissance pour que se produise un nouveau développement de la science occidentale, que les hommes commencent à se délivrer de l'influence d'Aristote et de l'Église, et montrent à nouveau de l'intérêt pour la nature. A la fin du XV^e^ siècle, la nature fut étudiée, pour la première fois, dans un véritable esprit scientifique, et des expériences furent entreprises pour vérifier les notions d'origine spéculative. Comme, parallèlement à ce développement, grandissait l'intérêt pour les mathématiques, cela conduisit à la formulation de théories scientifiques pertinentes, basées sur des expériences et exprimées en termes mathématiques. Galilée, qui fut le premier à combiner la connaissance empirique avec les mathématiques, apparaît comme le père de la science moderne.

La naissance de la science moderne fut précédée et accompagnée par un développement de la pensée philosophique qui conduisit à une formulation extrême du dualisme esprit/matière. Cette formulation apparaît au XVII^e^ siècle dans la philosophie de Descartes qui fondait sa conception de la nature sur la dualité radicale de deux réalités distinctes et autonomes : celle de l'esprit *(res cogitans)* et celle de la matière *(res extensa).* Le dualisme cartésien autorisait les scientifiques à considérer la matière comme inerte et complètement séparée d'eux, et à voir le monde matériel comme une multitude d'objets assemblés en une énorme machine. Une telle vue mécaniste du monde était soutenue par Isaac Newton qui construisit sa mécanique sur ces bases et en fit le fondement de la physique classique. De la seconde partie du XVII^e^ siècle à la fin du XIX^e^, le modèle newtonien, mécaniste, de l'univers domina toute la pensée scientifique. Ce modèle s'accompagnait de la représentation d'un dieu souverain dirigeant le monde d'en haut en lui imposant sa loi divine. Les lois fondamentales de la nature recherchées par les scientifiques étaient dès lors considérées comme les lois de Dieu, invariables et éternelles, auxquelles le monde était assujetti.

La philosophie de Descartes ne joua pas seulement un rôle important dans le développement de la physique classique, elle eut aussi une influence énorme sur la mentalité occiden-

tale jusqu'à nos jours. Le fameux adage cartésien *cogito ergo sum,* « je pense donc je suis », a conduit l'homme occidental à s'identifier à sa conscience, au lieu de considérer l'ensemble de son organisme. Une conséquence du dualisme cartésien est que la plupart des individus se perçoivent comme des sujets isolés existant « à l'intérieur » de leurs corps. Séparée du corps, la conscience se voit investie de la mission illusoire de le contrôler, causant ainsi un conflit apparent entre la volonté consciente et les instincts inconscients. Chaque individu se décompose dès lors en un grand nombre d'éléments, selon ses activités, talents, sentiments, croyances, etc. ; de là des conflits sans fin générateurs de confusion métaphysique et de frustration. Cette fragmentation de l'homme reflète sa vision du monde « extérieur », perçu comme une multitude d'événements et d'objets séparés. L'environnement naturel est traité comme s'il consistait en éléments distincts exploitables par des groupes d'intérêts différents. Cette vision fragmentée s'étend à la société que l'on divise en différentes nations, races, religions et groupes politiques. La croyance que tous ces fragments — en nous-mêmes, dans notre environnement et notre société — sont réellement séparés peut être considérée comme la raison essentielle des séries présentes de crises sociales, écologiques et culturelles. Une telle croyance nous a éloignés de la nature et de nos semblables. Elle favorise une injustice grossière dans la distribution des ressources naturelles, engendrant le désordre économique et politique, avec la montée de la violence spontanée et institutionnalisée, et un environnement laid et pollué dans lequel la vie est souvent devenue physiquement et mentalement malsaine.

Le dualisme cartésien et la vision mécaniste du monde se sont ainsi avérés à la fois bénéfiques et nuisibles. Ils ont réussi à permettre le développement de la technologie et de la physique classique mais ont eu des conséquences néfastes pour notre civilisation. Il est fascinant de voir que la science du XX^e^ siècle, qui provient du dualisme cartésien et de la vision mécaniste du monde, et qui, bien sûr, n'est devenue possible qu'à partir d'une telle vision, triomphe maintenant de cette fragmentation et nous ramène à l'optique unitaire exprimée dans la philosophie de la Grèce antique et de l'Orient.

A l'opposé de la vision mécaniste occidentale, la conception orientale du monde est « organique ». Pour la spiritualité orientale, tous les objets et événements perçus par les sens s'avèrent interdépendants et ne sont que différents

aspects ou manifestations d'une même réalité fondamentale. Notre tendance à diviser le monde perçu en objets individuels et séparés, et à nous y éprouver nous-mêmes en tant que sujets isolés, est considérée comme une illusion provenant de notre mentalité (portée à mesurer et catégoriser). Nommée *avidya*, ou « ignorance », dans la philosophie bouddhiste, une telle tendance est considérée comme un état d'esprit troublé, qui doit être surmonté.

Quand l'esprit est dérangé, la multiplicité des phénomènes est produite ; quand il est serein, elle disparaît[1].

Bien que les diverses écoles de la spiritualité orientale diffèrent en de nombreux points, elles soulignent toutes l'unité fondamentale de l'univers, trait principal de leur enseignement. Le but poursuivi par les adeptes — qu'ils soient hindouistes, bouddhistes ou taoïstes — est de devenir conscients de l'unité et de la corrélation de toutes choses, de dépasser la notion d'individu isolé et de s'identifier à la réalité fondamentale. L'émergence de cette conscience, connue sous le terme d'« illumination », n'est pas seulement un processus intellectuel mais une expérience qui engage toute la personne et se révèle de nature essentiellement religieuse en dernière analyse.

Aussi la plupart des philosophies orientales sont-elles essentiellement des philosophies religieuses.

Dans la conception orientale, la division de la nature en objets distincts n'est donc pas fondamentale, et ces objets ont un caractère perpétuellement changeant et fluide. La conception orientale du monde est par conséquent intrinsèquement dynamique et comprend comme caractéristiques essentielles le temps et le changement. Le cosmos apparaît comme une réalité indivisible — éternellement mouvante, vivante, organique, spirituelle et matérielle à la fois.

Puisque mouvement et changement sont des propriétés essentielles des choses, les éléments dynamiques ne sont pas extérieurs aux objets, comme dans la conception grecque, mais propriétés intrinsèques de la matière. De même, l'image orientale de la divinité n'est pas celle d'un souverain dirigeant le monde d'en haut, mais d'un principe qui contrôle chaque chose de l'intérieur :

Celui qui réside en toutes choses,
et pourtant est autre que toutes choses ;

1. Ashvaghesha, *L'Éveil de la foi (The Awakening of Faith)*, p. 78.

Celui qu'aucune chose ne connaît,
et dont toutes choses sont le corps.
Celui qui contrôle toutes choses de l'intérieur.
— Il est notre âme, le Maître intérieur,
l'Immortel[1].

Les chapitres suivants montreront que les éléments fondamentaux de la conception orientale du monde sont les mêmes que ceux de la vision de l'univers émergeant de la physique moderne. Ils sont destinés à suggérer que la pensée orientale, et plus généralement celle issue du mysticisme, procure une assise philosophique cohérente et pertinente aux théories contemporaines, à une conception du monde où les découvertes scientifiques des hommes peuvent être en parfaite harmonie avec leurs visées spirituelles et leurs croyances religieuses. L'unité et l'interdépendance de tous les phénomènes et la nature intrinsèquement dynamique de l'univers, tels sont les deux thèmes fondamentaux de cette conception. Plus nous pénétrons dans le domaine inframicroscopique et plus nous réalisons que le physicien moderne, comme le mystique oriental, en est arrivé à comprendre le monde comme un système composé d'éléments indivisibles et interdépendants, et en mouvement perpétuel, l'homme étant partie intégrante de ce système.

La conception organique, écologique du monde dans la philosophie orientale est sans aucun doute la principale raison de l'immense popularité dont elle jouit en Occident, particulièrement auprès de la jeunesse. Un nombre croissant de gens ont vu dans la vision fragmentaire et mécaniste du monde qui domine encore la culture occidentale la raison sous-jacente de l'insatisfaction générale dans notre société, et beaucoup se sont tournés vers les voies de libération orientales. Il est intéressant, et sans doute pas très surprenant, de constater que ceux qui sont attirés par la spiritualité orientale, qui consultent le *Yi king* et pratiquent le yoga ou d'autres formes de méditation adoptent en général une attitude antiscientifique marquée. Ils ont tendance à considérer la science, particulièrement la physique, comme une discipline sans imagination, limitant l'esprit, responsable de tous les méfaits de la technologie moderne.

Le but de ce livre est de réhabiliter l'image de la science en montrant qu'il existe une nécessaire harmonie entre l'esprit

1. Brihad-Aranyaka, 3, 7, 15.

de la sagesse orientale et la science occidentale. Il suggère que la physique va bien au-delà de la technologie, que la Voie — ou Tao — de la physique peut être un chemin avec un cœur, menant à une connaissance spirituelle et à une réalisation personnelle.

2
Connaître et voir

De l'irréel conduis-moi au réel !
De l'obscurité conduis-moi à la lumière !
De la mort conduis-moi à l'immortalité !
Upanishad Brihad-Aranyaka.

Avant d'étudier les parallèles entre la physique moderne et la spiritualité orientale, nous devons débattre la question de savoir si l'on peut établir une comparaison quelconque entre une science exacte, exprimée dans le langage le plus hautement élaboré des mathématiques modernes, et des disciplines spirituelles pour la plupart fondées sur la méditation, et dont les découvertes ne peuvent être communiquées verbalement.

Nous voulons comparer les comptes rendus des scientifiques occidentaux et des maîtres spirituels orientaux relatifs à leur connaissance du monde. Afin d'établir un cadre adéquat pour cette étude comparative, nous devons nous demander tout d'abord de quelle sorte de connaissance il s'agit. Le mot « connaissance » a-t-il la même signification pour le moine bouddhiste d'Angkor Vat ou de Kyoto et pour le physicien d'Oxford ou de Berkeley ? En second lieu, quelles sortes d'énoncés allons-nous comparer ? Qu'allons-nous retenir des données expérimentales, équations et théories, d'une part, et des écritures religieuses, anciens mythes et traités philosophiques, de l'autre ? L'objet de ce chapitre est de clarifier ces deux points : la nature de la connaissance en jeu et le langage dans lequel cette connaissance est énoncée.

Tout au long de l'histoire, il a été admis que l'esprit humain est capable de deux sortes de connaissance ou de deux modes de conscience, qui ont souvent été nommés rationnel et intuitif, et traditionnellement associés respective-

ment à la science et à la religion. En Occident, le mode de connaissance intuitif et religieux est souvent dévalué au profit de la connaissance rationnelle et scientifique, tandis que l'attitude orientale traditionnelle se montre, en général, opposée. Les formules sur la connaissance énoncées par deux des grands esprits de l'Occident et de l'Orient sont caractéristiques de ces deux positions. En Grèce, Socrate prononça le célèbre adage *Je sais que je ne sais rien,* et en Chine Lao-tseu dit : *Mieux vaut ne pas savoir que l'on sait.* En Orient, les valeurs attribuées aux deux sortes de connaissance sont souvent déjà révélées par les noms qui leur sont attribués. Les Upanishad, par exemple, parlent d'une connaissance supérieure et d'une connaissance inférieure, et elles associent la connaissance inférieure aux diverses sciences, et la supérieure à la conscience religieuse. Les bouddhistes parlent de connaissance relative et connaissance absolue, ou de vérité conditionnelle et vérité transcendantale. La philosophie chinoise, en revanche, a toujours mis en relief la nature complémentaire de l'intuition et de la raison, et les a représentées par l'archétype du couple *yin/yang,* qui forme la base de la pensée chinoise. Dès lors, deux traditions philosophiques complémentaires — taoïsme et confucianisme — se sont développées dans l'ancienne Chine en relation avec ces deux sortes de connaissance.

La connaissance rationnelle dérive de l'expérience que nous avons des objets et des événements dans notre environnement quotidien. Elle appartient au domaine de l'intellect dont la fonction est de distinguer, diviser, comparer, mesurer et catégoriser. De cette façon, est produit un monde de distinctions intellectuelles, d'éléments opposés qui n'existent qu'en relation les uns avec les autres, raison pour laquelle les bouddhistes appellent ce type de connaissance « relative ».

L'abstraction est un trait décisif de cette connaissance car, en vue de comparer et de classifier l'immense variété des formes, des structures et des phénomènes qui nous entourent, nous ne pouvons prendre en considération toutes leurs caractéristiques, mais seulement quelques traits spécifiques. Ainsi construisons-nous une carte intellectuelle de la réalité dans laquelle les choses sont réduites à leur profil général. La connaissance rationnelle constitue de la sorte un système de concepts et de symboles abstraits, caractérisés par la structure linéaire et sérielle typique de notre pensée et de notre langage. Dans la plupart des langages, cette structure linéaire est rendue explicite par l'usage d'alphabets, qui servent à communiquer expérience et pensée en longues phrases.

Le monde naturel, de son côté, est d'une variété et d'une complexité infinies, monde multidimensionnel qui ne contient ni ligne droite ni formes totalement régulières, où les phénomènes ne se produisent pas successivement mais simultanément ; un monde où même l'espace vide est courbe, ainsi que nous le dit la physique moderne. Il est évident que notre système abstrait de pensée conceptuelle ne saurait décrire ni comprendre totalement une telle réalité. En pensant le monde, nous nous trouvons confrontés au même type de problème que le cartographe essayant de reproduire la face courbe de la terre à l'aide d'une série de cartes planes. D'un tel procédé, nous pouvons seulement attendre une représentation approximative de la réalité, et, par conséquent, toute connaissance rationnelle est nécessairement limitée.

Le domaine de la connaissance rationnelle est, bien sûr, celui de la science qui mesure et quantifie, classe et analyse. Les limites de toute connaissance obtenue par ces méthodes apparaissent de plus en plus dans la science moderne, particulièrement dans la physique moderne qui nous enseigne, suivant l'expression de Werner Heisenberg, que « chaque mot ou concept, aussi clair qu'il puisse paraître, a seulement un champ d'application limité[1]. »

Nous avons, pour la plupart d'entre nous, beaucoup de difficultés à être continuellement conscients des limites et de la relativité de la connaissance conceptuelle. Notre représentation de la réalité étant tellement plus facile à saisir que la réalité elle-même, nous avons tendance à confondre les deux et à prendre nos concepts et nos symboles pour la réalité. C'est l'un des buts principaux de la spiritualité orientale que de nous délivrer de cette confusion. Les bouddhistes disent que le doigt est nécessaire pour indiquer la lune, mais que nous ne devons plus nous en préoccuper une fois que la lune est reconnue ; et le sage taoïste Tchouang-tseu écrit :

Pour pêcher le poisson, on emploie des filets mais, lorsque le poisson est pris, les hommes oublient les filets ; on emploie des collets pour attraper les lièvres mais, lorsque les lièvres sont pris, les hommes oublient les collets ; on emploie des mots pour exprimer les idées mais, lorsque les idées sont atteintes, les hommes oublient les mots[2].

En Occident, le sémanticien Alfred Korzybski a fait la

1. W. Heisenberg, *Physique et philosophie (Physics and Philosophy)*, p. 125.
2. Tchouang-tseu, trad. James Legge, chap. XXVI.

même observation avec sa devise pertinente « la carte n'est pas le territoire ».

La spiritualité orientale traite d'une expérience immédiate de la réalité outrepassant non seulement la pensée intellectuelle mais aussi la perception sensorielle. Selon les Upanishad :

Ce qui est intouchable, informe, impérissable,
également insipide, invariable, inodore,
sans commencement ni fin, plus haut que le grand, stable
— celui qui perçoit cela est libéré de la bouche de la mort[1].

Le savoir né d'une telle expérience est nommé « connaissance absolue » par les bouddhistes, parce qu'il ne se fie pas aux distinctions, abstractions et classifications de l'entendement qui, comme nous l'avons vu, sont toujours relatives et approximatives. Il s'agit de l'expérience immédiate de la réalité telle qu'elle est, indifférenciée, entière, indéterminée. L'appréhension complète de cette réalité n'est pas seulement le noyau de la spiritualité orientale, mais la principale caractéristique de toute expérience mystique.

La spiritualité orientale insiste sur le fait que la réalité ultime ne saurait être l'objet d'un raisonnement ou d'une connaissance discursive. Elle ne peut jamais être décrite convenablement par les mots, parce qu'elle se tient au-delà du domaine des sens et de l'intellect d'où proviennent nos mots et nos concepts. Les Upanishad disent à ce sujet :

Là ne va pas l'œil,
ni la parole, ni l'esprit.
Nous ne le connaissons pas, nous ne le comprenons pas,
comment pourrait-on l'enseigner[2] ?

Lao-tseu, qui nomme cette réalité Tao, déclare de même à la première ligne du *Tao Te King : Le Tao qu'on peut exprimer n'est pas le Tao éternel.* Le fait — évident à n'importe quelle lecture de journaux — que le genre humain n'est pas devenu beaucoup plus sage ces deux cents dernières années, en dépit d'un progrès prodigieux dans le domaine du savoir rationnel, offre une preuve suffisante de l'impossibilité de communiquer la connaissance absolue par des mots. Comme le disait Tchouang-tseu : *Si l'on pouvait en parler, chacun l'aurait dit à son frère*[3].

1. Katha Upanishad, III, 15.
2. Kena Upanishad, III.
3. Cité par J. Needham, *Science et civilisation en Chine (Science and Civilisation in China)*, vol. II, p. 85.

La connaissance absolue est par conséquent une approche entièrement non-intellectuelle de la réalité, une expérience surgissant dans un état de conscience non ordinaire qui peut être appelé état méditatif ou mystique.

L'existence d'un tel état de conscience n'a pas été seulement prouvée par de nombreux mystiques en Orient comme en Occident, mais aussi révélée par la recherche psychologique. Selon William James :

« Notre état normal de conscience éveillée, la conscience rationnelle comme nous la nommons, n'est rien d'autre qu'un type particulier de conscience ; partant de là et séparées d'elle par les plus transparents des écrans, se trouvent des formes potentielles de conscience entièrement différentes [1]. »

Bien que les physiciens soient plus concernés par la connaissance rationnelle et les mystiques par la connaissance intuitive, les deux types de connaissance opèrent dans les deux domaines. Cela apparaît lorsque nous examinons le processus d'obtention et d'expression de la connaissance en physique et dans la spiritualité orientale.

En physique, la connaissance est acquise à travers la démarche scientifique, qui peut être considérée comme procédant en trois étapes. Dans un premier temps, on rassemble les données expérimentales se rapportant au phénomène à expliquer. Lors de la seconde étape, on accole des symboles mathématiques aux faits expérimentaux, et l'on produit un schéma combinant ces symboles selon un ordre précis et constant. Cette théorie est ensuite utilisée pour prévoir les résultats d'expériences ultérieurement entreprises afin d'en vérifier toutes les implications. A ce stade, les physiciens peuvent être satisfaits lorsqu'ils ont trouvé un schème mathématique et savent l'utiliser pour prévoir les expériences, mais, par la suite, s'ils veulent parler de leurs résultats à des non-physiciens, ils devront le faire dans un langage facilement accessible. Cela signifie qu'ils devront formuler le modèle dans un langage ordinaire qui interprète leur schème mathématique. Pour les physiciens eux-mêmes, la formulation d'un tel modèle verbal, qui constitue la troisième étape de la recherche, sera un critère du degré de compréhension qu'ils ont atteint.

En pratique, bien sûr, les trois étapes ne sont pas nettement séparées et ne se présentent pas toujours dans le même

1. W. James, *Les variétés de l'expérience religieuse (The Varieties of Religious Experience)*, p. 388.

ordre. Par exemple, un physicien peut être amené à un modèle particulier par quelque croyance philosophique qu'il a adoptée, et à laquelle il se peut qu'il continue de croire, même si des preuves expérimentales contraires sont produites. Il essaiera — et cela se produit en fait souvent — de modifier son modèle de façon qu'il puisse rendre compte des nouvelles expériences. Mais, si les preuves expérimentales continuent à contredire le modèle, on sera tôt ou tard obligé de l'abandonner.

Cette façon de fonder fermement toutes les théories sur l'expérience est connue sous le nom de méthode expérimentale, et nous verrons qu'elle a son pendant dans la philosophie orientale. La philosophie grecque, en revanche, affichait une attitude fondamentalement différente à cet égard. Bien que les Grecs aient forgé des idées extrêmement ingénieuses de la nature qui rejoignent souvent les modèles scientifiques modernes, l'énorme différence entre les deux réside dans l'attitude empirique de la science moderne, qui était somme toute étrangère au mode de pensée grec. Les Grecs déduisaient leurs modèles de quelque axiome fondamental au lieu de les induire de l'observation. En revanche, l'art de la déduction et de la logique étant bien sûr un élément essentiel de la seconde étape de la recherche scientifique, la formulation d'un modèle mathématique cohérent s'avère une composante fondamentale de la science.

La connaissance et les activités rationnelles constituent certainement la majeure partie de la recherche scientifique, mais non pas le tout. La part rationnelle de la recherche serait, de fait, vaine si elle n'était complétée par l'intuition, qui donne aux scientifiques de nouveaux aperçus et les rend créatifs. Ces aperçus sont soudains et, d'une manière caractéristique, surviennent non pas lorsqu'on est assis à une table de travail, à résoudre des équations, mais lorsqu'on se détend dans son bain, durant une promenade en forêt, sur la plage, etc. Durant ces périodes de relaxation après une activité intellectuelle concentrée, l'intuition semble prendre la relève et peut produire l'aperçu lumineux et soudain qui procure tant de joie et de délices au chercheur.

Ces aperçus intuitifs ne sont toutefois utiles à la physique que s'ils sont formulables en une structure mathématique cohérente, agrémentée d'une traduction en langage ordinaire. L'abstraction est un trait caractéristique de cette structure. Elle consiste, comme on vient de le voir, en un système de concepts et de symboles constituant une carte de la réalité. Cette carte représente seulement quelques traits de la réalité ;

nous ne savons pas exactement lesquels, puisque nous avons commencé à composer progressivement notre carte, sans analyse critique, depuis l'enfance. Les mots de notre langue ne sont pas très clairement définis. Ils ont plusieurs sens, dont beaucoup ne traversent que vaguement notre esprit et dont nous demeurons inconscients lorsque nous entendons un mot.

L'imprécision et l'ambiguïté de notre langue est essentielle pour les poètes qui travaillent en grande partie sur ses différents niveaux et les associations qu'elles permettent. La science, en revanche, vise à des définitions claires et à des liaisons exactes et, par conséquent, elle abstrait davantage le langage en restreignant la signification des mots et en normalisant la structure, en accord avec les règles de la logique. L'abstraction ultime a lieu dans les mathématiques, où les mots sont remplacés par des symboles et où les opérations de liaison sont rigoureusement définies. En ce sens, les scientifiques peuvent condenser en une formule, c'est-à-dire en une seule ligne de symboles, une information pour laquelle il leur faudrait plusieurs pages d'écriture courante.

L'idée que les mathématiques ne sont rien d'autre qu'un langage extrêmement abstrait et condensé est parfois contestée. De fait, certains mathématiciens croient que les mathématiques ne sont pas seulement un langage apte à décrire la nature, mais sont inhérentes à la nature elle-même. Le promoteur de cette croyance fut Pythagore qui disait : *Toutes choses sont nombres,* et développa un type de mysticisme mathématique très particulier. La philosophie pythagoricienne introduisit ainsi le raisonnement logique dans le domaine de la religion, développement qui, selon Bertrand Russel, fut décisif pour la philosophie religieuse occidentale : « La combinaison des mathématiques et de la théologie, qui a commencé avec Pythagore, caractérise la philosophie religieuse en Grèce, au Moyen Age, et à notre époque jusqu'à Kant. Chez Platon, saint Augustin, saint Thomas d'Aquin, Descartes, Spinoza et Leibniz, il existe une union intime de la religion et du raisonnement, de l'aspiration morale et de l'admiration logique de ce qui est éternel, qui provient de Pythagore et distingue la théologie européenne de la spiritualité orientale[1]. »

Bien entendu, la spiritualité orientale n'adopterait pas le point de vue pythagoricien sur les mathématiques. Dans la

1. B. Russell, *Histoire de la philosophie occidentale (History of Western philosophy),* p. 37.

vision orientale, les mathématiques, aux structures hautement différenciées et bien définies, doivent être considérées comme une partie de notre carte conceptuelle et non comme une caractéristique de la réalité elle-même. La réalité, telle qu'elle est appréhendée par le mystique, est totalement indéterminée et indiffférenciée.

La méthode scientifique de l'abstraction est très efficace et puissante, mais nous devons en payer le prix. Tandis que nous définissons plus précisément nos systèmes conceptuels, que nous en traçons le profil et élaborons des relations de plus en plus rigoureuses, ils se détachent de plus en plus du monde réel. Utilisant à nouveau l'image de la carte et du territoire, nous pourrions dire que le langage courant est une carte qui, étant donné son imprécision intrinsèque, possède une flexibilité telle qu'elle peut suivre la forme courbe du territoire jusqu'à un certain degré. Au fur et à mesure que nous le rendons plus rigoureux, cette flexibilité disparaît graduellement, et avec le langage mathématique, nous atteignons un point où les liens avec la réalité sont si ténus que la relation des symboles à notre expérience sensorielle n'est plus évidente. C'est pourquoi nous devons adjoindre des interprétations verbales à nos modèles mathématiques et à nos théories, usant à nouveau de concepts qui peuvent être compris intuitivement, mais qui sont légèrement ambigus et inexacts.

Il est important de réaliser la différence entre les modèles mathématiques et leurs correspondances verbales. Les premiers sont rigoureux et cohérents en ce qui concerne leur structure interne, mais leurs symboles ne sont pas reliés directement à notre expérience. Les modèles verbaux, en revanche, utilisent des concepts pouvant être compris intuitivement, mais sont toujours inexacts et ambigus. Ils diffèrent peu, à cet égard, des modèles philosophiques de la réalité, et peuvent donc très bien leur être comparés.

S'il réside dans la science un élément intuitif, il existe également un élément rationnel dans la spiritualité orientale. Le degré d'accentuation de la raison et de la logique varie, toutefois, énormément d'une école à l'autre. Le Vedanta hindou ou le Madhyamika bouddhiste, par exemple, sont des écoles hautement intellectuelles, tandis que les taoïstes ont toujours montré une profonde méfiance à l'égard de la raison et de la logique. Le Zen, issu du bouddhisme mais fortement influencé par le taoïsme, se glorifie d'être « sans mots, sans explications, sans instructions, sans savoir ». Il se concentre presque totalement sur l'expérience de l'illumination et n'est

que secondairement intéressé par l'interprétation de cette expérience. Une sentence Zen célèbre dit : *A l'instant où vous parlez d'une chose, vous la manquez.*

Bien que les autres écoles de la spiritualité orientale soient moins extrémistes, l'expérience mystique immédiate est au cœur de chacune. Même ceux des mystiques qui sont engagés dans l'argumentation la plus compliquée ne considèrent jamais l'intellect comme la source de leur connaissance mais l'utilisent tout simplement afin d'analyser et d'interpréter leur expérience mystique personnelle. Toute connaissance s'appuie fermement sur cette expérience, donnant ainsi aux traditions orientales un fort caractère empirique, toujours accentué par leurs adeptes. D. T. Suzuki, par exemple, écrit à propos du bouddhisme :

« L'expérience personnelle est le fondement de la philosophie bouddhiste. En ce sens, le bouddhisme est purement empirique ou expérimental, quelle que soit la dialectique ultérieurement développée pour explorer la signification de l'expérience de l'illumination[1]. »

Dans son livre *Science et civilisation en Chine*, Joseph Needham fait ressortir à plusieurs reprises l'attitude empirique des taoïstes et démontre que cette attitude a fait du taoïsme le fondement de la science chinoise et de la technologie. Les premiers philosophes taoïstes, comme le dit Needham, « se retirèrent dans le désert, les forêts et les montagnes, pour y méditer sur l'ordre de la nature et y observer ses innombrables manifestations[2] ».

Le même esprit se reflète dans la formule Zen :

« Celui qui veut comprendre le sens de la nature de Bouddha doit observer les saisons et l'enchaînement des causes et des effets[3]. »

La solide base expérimentale de la connaissance dans la spiritualité orientale suggère une analogie avec la base expérimentale du savoir scientifique. Ce parallèle est renforcé par la nature de l'expérience mystique. Celle-ci est décrite dans la tradition orientale comme une intuition, extérieure au domaine de l'intellect, et obtenue plus en observant, en regardant en soi-même, qu'en pensant.

Dans le taoïsme, la notion d'observation est comprise dans le nom des temples, *Kuan*, qui signifie originellement :

1. D. T. Suzuki, *Sur le bouddhisme Mahayana indien (On Indian Mahayana Buddhism)*, p. 237.
2. J. Needham, *op. cit.*, vol. II, p. 33.
3. Tiré de *Zenrin Kushu*, dans I. Muira et R. Fuller Sasaki, *Le Koan Zen (The Zen Koan)*, p. 103.

« regarder ». Les taoïstes considèrent leurs temples comme des postes d'observation. Dans le bouddhisme Ch'an, la version chinoise du Zen, il est souvent fait référence à l'illumination comme *vision du Tao*, et l'acte de voir est considéré comme le fondement de toute connaissance dans toutes les écoles bouddhiques. La première étape de l'Octuple Sentier, la prescription du Bouddha en vue de la réalisation de soi-même, est la *vision juste* suivie de la *connaissance juste*. D. T. Suzuki écrit à ce propos :

« La vision joue un rôle primordial dans l'épistémologie bouddhiste, car elle est à la base de la connaissance. Il est impossible de connaître sans voir ; toute connaissance tire son origine de la vision. Connaissance et vision sont donc généralement associées dans l'enseignement bouddhiste. La philosophie bouddhiste enseigne par conséquent en dernière instance à voir la réalité telle qu'elle est. Voir, expérimenter, c'est faire l'expérience de l'illumination[1]. »

Ce passage évoque également la mystique du Yaqui Don Juan qui dit : *J'ai une prédilection pour la vision, car c'est seulement en voyant qu'un homme accède à la connaissance*[2].

On doit peut-être ici ajouter un mot en guise d'avertissement. L'accent mis sur la vision dans les traditions orientales ne doit pas être pris trop à la lettre, mais être compris en un sens métaphysique, attendu que l'expérience mystique de la réalité est essentiellement une expérience non sensorielle. Lorsque les maîtres spirituels orientaux parlent de la vision, ils font référence à un mode de perception qui peut inclure la perception visuelle, mais la transcende toujours. Lorsqu'ils parlent de voir, regarder ou observer, ils soulignent toutefois le caractère empirique de leur connaissance. Cette approche empirique de la philosophie orientale rappelle fortement l'accent mis sur l'observation dans la science et nous offre ainsi un cadre pour notre comparaison. La phase expérimentale dans la recherche scientifique semble correspondre à l'intuition immédiate dans la spiritualité orientale, et les théories et modèles scientifiques, aux divers moyens par lesquels ces aperçus sont traduits.

Le parallèle entre les expérimentations scientifiques et les expériences mystiques peut sembler surprenant, vu la nature très différente de ces actes d'observation. Les physiciens réa-

1. D. T. Suzuki, *Esquisse du bouddhisme Mahayana (Outlines of Mahayana Buddhism)*, p. 235.
2. Dans Carlos Castaneda, *A separate reality*, voir p. 20.

lisent leurs expériences en mettant en jeu un travail d'équipe élaboré et une technologie hautement spécialisée, tandis que les mystiques obtiennent leur connaissance uniquement à travers l'introspection, sans aucune machine, dans la solitude de la méditation. Les expériences scientifiques, en outre, semblent réitérables n'importe quand et par n'importe qui, tandis que les expériences mystiques paraissent réservées à très peu d'individus en des occasions privilégiées. Un examen plus attentif montre, toutefois, que la différence entre les deux sortes d'observation réside seulement dans leur approche et non dans leur fiabilité ou leur complexité.

Quiconque veut réitérer une expérimentation en physique moderne subatomique doit subir plusieurs années d'entraînement. Alors seulement il sera capable de poser à la nature une question pertinente à travers l'expérimentation, et d'en comprendre la réponse. Pareillement, une expérience mystique approfondie exige, généralement, plusieurs années d'entraînement sous la conduite d'un maître expérimenté et, comme dans l'entraînement scientifique, le temps qui lui est consacré ne garantit pas à lui seul le succès. Si l'étudiant réussit, cependant, il sera capable de reproduire l'expérience. La possibilité de répéter l'expérience est, en fait, essentielle à tout exercice spirituel et s'avère le but principal des instructions dispensées par les mystiques.

Une expérience mystique, par conséquent, n'est pas plus unique qu'une expérimentation en physique moderne. D'autre part, elle n'est pas moins complexe, bien que sa complexité soit d'une tout autre sorte. La complexité et l'efficacité du dispositif technique du physicien sont égalées, si elles ne sont pas surpassées, par celles de la conscience mystique — à la fois spirituelle et physique — en profonde méditation. Les scientifiques et les mystiques ont ainsi développé des méthodes sophistiquées d'observation de la nature qui demeurent inaccessibles aux profanes. Une page d'un ouvrage de physique moderne expérimentale sera aussi mystérieuse au non-initié qu'un *mandala* tibétain. Tous deux sont des enregistrements d'investigations portant sur la nature de l'univers.

Bien que les profondes expériences mystiques ne se produisent généralement pas sans une longue préparation, nous faisons l'expérience d'aperçus intuitifs immédiats dans notre vie quotidienne. Nous sommes tous familiers avec la situation où nous avons oublié le nom d'une personne ou d'un lieu, ou quelque autre mot, et ne pouvons nous en souvenir même en nous concentrant. Nous l'avons sur le bout de la langue mais ça ne sort pas, jusqu'à ce que nous abandonnions et diri-

gions notre attention sur quelque chose d'autre quand, soudain, en un éclair, nous nous rappelons le nom oublié. Aucune pensée n'est à l'œuvre dans ce processus. C'est un aperçu soudain et immédiat. Cet exemple de mémoire soudaine est particulièrement pertinent dans le cas du bouddhisme qui soutient que notre nature est celle du Bouddha, de l'Éveillé, et que nous l'avons simplement oubliée. Il est demandé aux adeptes du bouddhisme Zen de découvrir leur aspect originel dont un soudain souvenir réalise l'éveil.

Les plaisanteries sont un autre exemple d'aperçus intuitifs spontanés. A l'instant précis où nous comprenons une plaisanterie, nous éprouvons un moment d'illumination. Il est bien connu que ce moment doit venir spontanément, qu'il ne peut être provoqué par l'explication de la plaisanterie, c'est-à-dire par une analyse intellectuelle. Ce n'est que par une brève incursion intuitive dans la nature de la plaisanterie que nous faisons l'expérience du rire libérateur qu'elle est supposée produire. La similarité entre une vision spirituelle et la compréhension d'une blague doit être bien familière aux illuminés, puisqu'ils montrent presque toujours un grand sens de l'humour. Le Zen, en particulier, est rempli d'histoires et d'anecdotes amusantes, et dans le *Tao Te King* nous lisons : *Si l'on n'en riait pas, le Tao ne serait plus le Tao*[1].

Dans notre vie quotidienne, les aperçus intuitifs immédiats de la nature des choses se limitent normalement à d'extrêmement brefs instants. Dans la spiritualité orientale, ils se prolongent durant de longs moments, jusqu'à devenir un état d'éveil constant. La préparation de l'esprit à cette conscience non conceptuelle, immédiate, de la réalité est le principal but de toutes les écoles mystiques orientales et de beaucoup d'aspects du mode de vie asiatique. Durant la longue histoire culturelle de l'Inde, de la Chine et du Japon, une multitude de techniques, traditions, et formes artistiques ont été développées pour atteindre ce but, toutes pouvant être appelées méditation dans le sens le plus large du mot.

L'objectif principal de ces techniques semble être de réduire la pensée au silence et de faire passer la conscience d'un mode rationnel à un mode intuitif. Dans beaucoup de formes de méditation, on arrive à réduire au silence la pensée rationnelle en concentrant son attention sur un point précis, la respiration, le son d'un *mantra* ou l'image visuelle d'un *mandala*. D'autres écoles dirigent leur attention sur les mouvements du corps s'exerçant librement sans qu'aucune

1. Lao-tseu, *Tao-tö king*, trad. Ch'u Ta-kao, chap. XLI.

pensée n'interfère. C'est le cas du *yoga* indien et du *T'ai Chi Ch'uan* taoïste. Les mouvements rythmiques de ces écoles peuvent conduire au même état de paix et de sérénité qui caractérise les formes plus statiques de la méditation sensation qui, incidemment, peut être ressentie dans certains

sports. Dans mon cas, par exemple, la pratique du ski s'avère une forme de méditation hautement fructueuse.

L'art oriental est une forme de méditation. Le mode d'expression des idées d'un artiste n'est qu'un moyen de réalisation de soi à travers le développement du mode intuitif de conscience. On n'apprend pas la musique indienne en lisant des partitions mais en écoutant jouer un maître et en développant ainsi son sens de la musique, exactement comme on n'apprend pas les mouvements du *T'ai Chi Ch'uan* à travers des enseignements oraux, mais en les répétant inlassablement en union avec le maître. La cérémonie japonaise du thé est faite de ces lents mouvements rituels. La callígraphie chinoise exige des mouvements spontanés et adroits de la main. Toutes ces subtilités sont utilisées en Orient afin de développer l'état méditatif de la conscience.

Pour la plupart des gens, et particulièrement les intellectuels, un tel état de conscience constitue une expérience totalement nouvelle. Dans leur recherche, les scientifiques sont coutumiers de ces aperçus intuitifs, car toute découverte nouvelle tire son origine d'une intuition muette, soudaine. Mais ceci se produit durant de très brefs instants, lorsque l'esprit est plein d'informations, de concepts et de modèles théoriques. Dans la méditation, en revanche, l'esprit est purifié de toute pensée et concept, et amené ainsi à fonctionner sur un mode intuitif, durant de longues périodes. Lao-tseu parle de ce contraste entre la recherche et la méditation en ces termes :

Celui qui s'adonne à l'étude augmente de jour en jour.
Celui qui se consacre au Tao diminue de jour en jour[1].

Lorsque l'intellect est réduit au silence, l'intuition produit un état de conscience extraordinaire : on appréhende directement l'environnement sans l'écran de la pensée conceptuelle. Pour reprendre l'expression de Tchouang-tseu, *l'esprit apaisé du sage est le miroir du ciel et de la terre, le reflet de toutes choses*[2]. L'expérience de cette unité de soi et du monde est la caractéristique essentielle de l'état méditatif, où toute division disparaît pour se fondre dans l'union indifférenciée.

Dans la méditation profonde, l'esprit est complètement éveillé. En plus de l'approche non sensorielle de la réalité, il embrasse aussi tous les sons, tous les spectacles et autres phénomènes de l'espace environnant, mais il n'essaie pas d'analyser les perceptions. Celles-ci ne doivent pas distraire

1. *Ibid.*, chap. XLVIII.
2. Tchouang-tseu, *op. cit.*, chap. XIII.

l'attention. Un tel état de conscience diffère peu de celui d'un guerrier attendant une attaque dans un état d'extrême vigilance, remarquant la moindre chose autour de lui sans être distrait une seconde. Le maître Zen Yasutani Roshi utilise cette image dans sa description de *shikantaza*, la pratique de la méditation Zen :

Skikantaza représente un stade avancé de la concentration où l'on n'est ni tendu, ni pressé et certainement jamais relâché. C'est l'état d'esprit de quelqu'un face à la mort. Imaginez que vous vous êtes engagé dans cette sorte de duel au sabre qui se déroulait dans l'ancien Japon : tandis que vous affrontez votre adversaire vous êtes constamment vigilant, tendu, prêt. Relâcheriez-vous, même momentanément, votre vigilance, vous recevriez instantanément un coup de sabre. Une foule se rassemble pour assister au combat. N'étant pas aveugle, vous la voyez du coin de l'œil, et, n'étant pas sourd, vous l'entendez, mais pas un instant votre esprit n'est accaparé par ces impressions sensorielles[1].

A cause de cette ressemblance entre l'état de méditation et l'état d'esprit d'un guerrier, l'image du guerrier joue un rôle important dans la vie culturelle et spirituelle de l'Orient. Le décor du plus célèbre texte religieux indien, la Baghavad-Gita, est un champ de bataille, et les arts martiaux occupent une place importante dans la culture traditionnelle chinoise et japonaise.

Au Japon, la forte influence du Zen sur la tradition *samourai* donna naissance à ce qui est appelé *Bushido*, « la Voie du Guerrier », un art du sabre où l'acuité spirituelle du guerrier atteint sa plus haute perfection. Le *T'ai Chi Ch'uan* taoïste, considéré en Chine comme le suprême art martial, combine de façon unique les mouvements lents et rythmiques avec la totale vivacité de l'esprit du guerrier.

La spiritualité orientale est fondée sur une saisie immédiate de la nature de la réalité, tandis que la physique se fonde sur l'observation de phénomènes naturels dans les expérimentations scientifiques. Dans les deux cas, les observations sont ensuite interprétées, et l'interprétation est le plus souvent communiquée par des mots. Étant donné que les mots forment toujours une carte abstraite et approximative de la réalité, le compte rendu verbal de l'expérimentation scientifique ou de la vision spirituelle est nécessairement imprécis et incomplet. Les physiciens modernes comme les maîtres spirituels sont parfaitement conscients de ce fait.

1. Dans P. Kapleau, *Trois piliers du Zen (Three pillars of Zen)*, p. 53-54.

En physique, les interprétations des expérimentations sont nommées modèles ou théories, et la constatation que tous les modèles et théories sont des approximations est à la base de la recherche scientifique moderne. Selon l'aphorisme d'Einstein : « Pour autant que les lois mathématiques renvoient à la réalité, elles sont incertaines, et pour autant qu'elles sont sûres, elles ne font plus référence à la réalité. » Les physiciens savent que leurs méthodes d'analyses et leurs raisonnements logiques ne peuvent jamais donner, d'un seul coup, une explication exhaustive des phénomènes naturels, par conséquent ils isolent un certain groupe de phénomènes et essaient de construire un modèle pour décrire ce groupe. En procédant ainsi, ils négligent les autres phénomènes et le modèle ne donnera pas, par conséquent, une description complète de la situation réelle. Certains phénomènes ne sont pas pris en considération parce qu'ils ont un effet si minime que leur inclusion ne saurait altérer la signification de la théorie, ou encore tout simplement parce qu'ils sont inconnus au moment où la théorie est élaborée.

Pour illustrer ces points, considérons l'une des théories les plus célèbres en physique, la mécanique de Newton. Les effets de la résistance de l'air ou du frottement, par exemple, ne sont en général pas pris en considération dans cette théorie, parce qu'ils sont habituellement minimes. Mais, à part ces omissions, la mécanique de Newton fut longtemps considérée comme la théorie incontestable de tous les phénomènes naturels, avant la découverte des phénomènes électriques et magnétiques. La découverte de ces derniers révéla que la théorie était incomplète et que son application se limitait à un seul groupe de phénomènes, essentiellement le déplacement des corps solides.

Étudier un groupe circonscrit de phénomènes peut aussi signifier étudier leurs propriétés physiques seulement dans un champ limité, ce qui peut être une autre raison pour laquelle la théorie est approximative. Cet aspect de l'approximation est très subtil, car nous ne savons jamais à l'avance où se situe la limite d'une théorie. Seule l'expérience peut nous l'enseigner. Ainsi l'image de la mécanique classique était plus qu'entamée lorsque la physique du XX^{e} siècle en révéla les limites essentielles. Aujourd'hui nous savons que le modèle newtonien est valide uniquement pour les objets composés d'un grand nombre d'atomes, et seulement pour les vitesses inférieures à celles de la lumière. Si la première condition n'est pas remplie, on doit remplacer la mécanique classique par la théorie des quanta ; lorsque la seconde condition n'est

pas réalisée, on doit appliquer la théorie de la relativité. Cela ne signifie pas que le modèle newtonien soit faux ou que les théories des quanta et de la relativité soient justes. Tous ces modèles sont des approximations valables pour un certain type de phénomènes. Au-delà de ce domaine, ils ne donnent plus de description satisfaisante de la nature, et l'on doit substituer de nouveaux modèles aux anciens ou, mieux encore, développer l'ancien modèle en améliorant l'approximation.

Préciser les limites d'un modèle est souvent l'une des tâches les plus difficiles, et cependant les plus importantes, de son élaboration. Selon Geoffrey Chew, dont le modèle du *bootstrap* sera examiné en détail plus tard, lorsqu'un modèle ou une théorie semble pertinent, il est essentiel de se demander : Pourquoi ce modèle fonctionne-t-il ? Quelles en sont les limites ? En quoi, exactement, s'agit-il d'une approximation ? Chew considère ces questions comme le premier pas vers un progrès ultérieur.

Les mystiques orientaux sont également très conscients du fait que toute description verbale de la réalité est approximative et incomplète. L'expérience immédiate de la réalité dépasse le domaine de la pensée et du langage, et tout ce qui peut en être dit ne peut être que partiellement vrai. En physique, la nature approximative de tous les énoncés est quantifiée et l'on progresse en réduisant les approximations en plusieurs étapes successives. Comment, donc, les traditions orientales traitent-elles le problème de la communication verbale ?

En premier lieu, les mystiques s'intéressent surtout à l'expérience de la réalité et non à la description de cette expérience. Ils ne s'occupent, par conséquent, généralement pas de l'analyse d'une telle description, et la notion d'approximation bien définie ne s'est ainsi jamais présentée dans la pensée orientale.

Si, d'autre part, les mystiques orientaux veulent communiquer leur expérience, ils se trouvent confrontés aux limites inhérentes au langage. Diverses voies ont été développées en Asie pour venir à bout de ce problème.

La mystique indienne, l'hindouisme en particulier, déguise ses énoncés sous la forme de mythes, usant de métaphores et de symboles, d'images poétiques, comparaisons et allégories. Le discours mystique est moins borné par la logique et le sens commun. Il est plein de situations magiques et paradoxales, riche en images suggestives toujours imprécises, et peut, par conséquent, communiquer la façon dont les mysti-

ques expérimentent la réalité beaucoup mieux que ne saurait le faire le langage commun. Selon Ananda Coomaraswamy, « les mythes incarnent le chemin le plus proche de la vérité absolue dont il puisse être rendu compte par le discours [1] ».

La riche imagination orientale a conçu un grand nombre de dieux et de déesses dont les incarnations et les exploits fournissent les thèmes de contes fantastiques, rassemblés en épopées de vastes dimensions. L'hindou sait profondément que tous ces dieux sont des créations de l'esprit, des images mythiques représentant les divers aspects de la réalité. D'autre part, il sait aussi qu'ils ne furent pas conçus dans le simple but de rendre les légendes plus attrayantes mais représentent des moyens essentiels pour transmettre les doctrines d'une philosophie enracinée dans l'expérience mystique.

Les mystiques chinois et japonais ont trouvé une manière différente de traiter le problème du langage. Au lieu de rendre plaisante la nature paradoxale de la réalité à travers les symbole et les images du mythe, ils préfèrent très souvent l'accentuer en utilisant le langage commun. Ainsi les taoïstes ont-ils fait un usage fréquent des paradoxes en vue d'exposer les contradictions naissant de la communication verbale et d'en montrer les limites. Ils ont transmis cette technique aux bouddhistes chinois et japonais qui l'ont développée. Elle a atteint son apogée dans le bouddhisme Zen avec les *koan*, les énigmes absurdes utilisées par certains maîtres Zen pour transmettre leurs enseignements. Les *koan* offrent un parallèle important avec la physique moderne, qui sera examiné au chapitre suivant.

Au Japon, il existe cependant une autre façon d'exprimer des vues philosophiques. C'est une forme spéciale de poésie extrêmement concise, souvent utilisée par les maîtres Zen pour désigner la réalité telle qu'elle est. Un moine demanda à Fuketsu Ensho : « Quand la parole et le silence sont tous deux inadmissibles, comment peut-on passer sans erreur ? » Le Maître répondit :

Je me rappelle toujours Kiangsu en mars,
le cri des perdrix,
la masse des fleurs odorantes [2].

1. A. K. Coomaraswamy, *Hindouisme et bouddhisme (Hinduism and Buddhism)*, p. 33.
2. Dans A. W. Watts, *Le Bouddhisme Zen (The way of Zen)*, p. 183.

Cette forme de poésie spirituelle atteint sa perfection dans le *haïku*, poème classique de dix-sept syllabes, qui fut profondément influencé par le Zen. La saisie de la vraie nature de la vie qu'atteignent les auteurs de *haïku* est lisible même dans la traduction :

Les feuilles tombant
gisent les unes sur les autres ;
la pluie frappe la pluie[1].

Chaque fois que les mystiques orientaux expriment leur connaissance par des mots, que ce soit à l'aide de mythes, symboles, images poétiques ou paradoxes, ils sont tout à fait conscients des limites qu'imposent le langage et la pensée discursive. La physique moderne en est arrivée à adopter exactement la même attitude à l'égard de ses modèles et de ses théories verbales, qui s'avèrent seulement approximatifs et nécessairement inexacts. Ils sont la contrepartie des mythes asiatiques, des symboles et des images poétiques, et c'est à ce niveau que j'établirai une correspondance. La même idée sur la matière est véhiculée, par exemple, chez les hindous par la danse cosmique du dieu Shiva, et par le physicien dans certains aspects de la théorie du champ quantique. La danse du dieu et la théorie physique sont toutes deux des constructions de l'esprit : des modèles destinés à décrire une certaine intuition de la réalité.

1. *Ibid.*, p. 187.

3
Au-delà du langage

« La contradiction, si embarrassante pour la pensée courante, vient du fait que nous devons utiliser le langage pour communiquer notre expérience subjective qui, dans sa nature véritable, transcende la linguistique. »

D. T. Suzuki.

« Les problèmes du langage ici sont réellement sérieux. Nous souhaitons parler de la structure des atomes... mais nous ne pouvons pas en parler en langage ordinaire. »

W. Heisenberg.

L'idée selon laquelle tous les modèles et théories scientifiques sont approximatifs, et que leurs traductions verbales souffrent toujours de l'inexactitude de notre langue, était déjà communément acceptée par les scientifiques au début de ce siècle, lorsqu'un développement nouveau et complètement imprévisible se produisit. En étudiant l'univers des atomes, les physiciens furent obligés de constater que notre langue quotidienne n'est pas seulement inexacte, mais totalement inapte à décrire la réalité atomique et subatomique. La théorie des quanta et la théorie de la relativité, les deux bases de la physique moderne, ont fait apparaître clairement que cette réalité dépasse la logique classique et que nous ne pouvons en parler en langage usuel. Ainsi Heisenberg écrit-il :

« Le problème le plus difficile concernant l'utilisation du langage surgit dans la théorie des quanta. Là, nous n'avons, en premier lieu, pas de simple guide pour mettre en corrélation les symboles mathématiques avec les notions du langage ordinaire ; et la seule chose que nous savons au départ est le

fait que les notions courantes ne peuvent être appliquées à la structure des atomes[1]. »

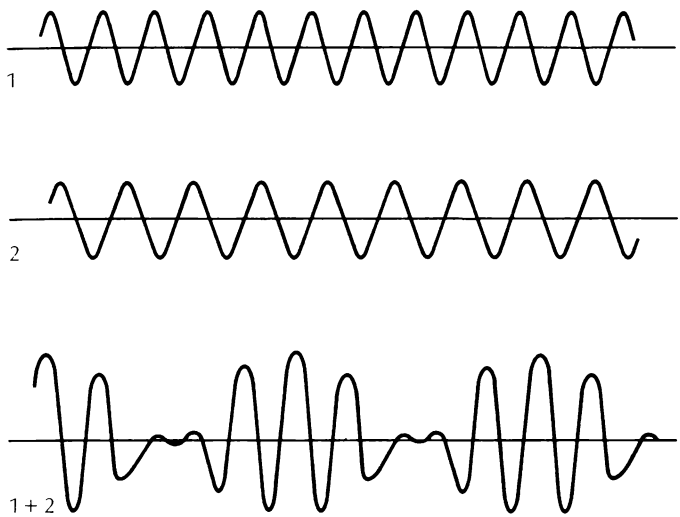
D'un point de vue philosophique, cela a été certainement le développement le plus intéressant en physique moderne, et là réside une des causes premières de sa relation à la philosophie orientale. Dans les écoles philosophiques occidentales, la logique et le raisonnement ont toujours été les principaux outils utilisés pour énoncer les idées philosophiques et, selon Bertrand Russell, on peut en dire autant des philosophies religieuses. Dans la spiritualité orientale, en revanche, il a toujours été admis que la réalité excède le langage ordinaire, et les sages de l'Asie n'avaient pas peur de faire éclater la logique et le sens commun. C'est la raison principale pour laquelle leurs modèles de la réalité constituent un fonds commun philosophique convenant mieux à la physique moderne que les modèles de la philosophie occidentale.

Le problème du langage abordé par le sage oriental est exactement le même que celui auquel est confronté le physicien moderne. Dans les deux passages cités au début de ce chapitre, D. T. Suzuki parle du bouddhisme[2] et Werner Heisenberg parle de la physique atomique[3], et cependant les deux passages sont presque identiques. Le physicien et le mystique veulent communiquer tous deux leur connaissance, et quand ils le font par les mots, leurs énoncés sont paradoxaux et pleins de contradictions logiques. Les paradoxes caractérisent toute pensée mystique, de Héraclite au sorcier yaqui Don Juan, et, depuis le début du siècle, ils sont également caractéristiques de la physique.

En physique atomique, beaucoup de situations paradoxales sont liées à la double nature de la lumière ou — plus généralement — du rayonnement électromagnétique. D'une part, il est clair que ce rayonnement doit consister en ondes parce qu'il produit les phénomènes d'interférence bien connus associés aux ondes : lorsqu'il y a deux sources de lumière, l'intensité de la lumière en un autre lieu ne sera pas nécessairement la somme de ce qui émane des deux sources, mais peut être supérieure ou inférieure. Cela est facilement explicable par l'interférence des ondes émanant des deux sources : aux endroits où deux crêtes coïncident, nous aurons une lumière supérieure à la somme des deux ; et là où un som-

1. W. Heisenberg, *Physique et philosophie (Physics and Philosophy)*, p. 177.
2. D. T. Suzuki, *Le Bouddhisme Mahayana indien (On indian Mahayana Buddhism)*, p. 239.
3. W. Heisenberg, *op. cit.*, p. 178-179.

met et une dépression coïncident nous en aurons moins. La somme exacte de l'interférence peut être aisément calculée. Des phénomènes d'interférence de cette sorte peuvent être observés chaque fois que quelqu'un traite du rayonnement électromagnétique, et ils nous poussent à conclure que ce rayonnement est de nature ondulatoire.



Interférence de deux ondes.

D'autre part, le rayonnement électromagnétique produit également l'effet appelé photo-électrique : quand la lumière ultraviolette apparaît à la surface de certains métaux, elle peut renvoyer des électrons de la surface du métal et, par conséquent, elle doit être composée de particules mobiles. Une situation analogue apparaît dans les expériences de diffusion de rayons X. Ces expériences ne peuvent être interprétées correctement que si elle sont décrites comme la rencontre de particules lumineuses et d'électrons. Et, cependant, elles révèlent les schémas d'interférences caractéristiques des ondes. La question qui embarrassa tant les physiciens aux premières étapes du développement de la théorie atomique fut de savoir comment le rayonnement électromagnétique pouvait être simultanément composé de particules (c'est-à-dire d'entités occupant un très petit volume) et d'ondes se propageant sur une grande partie de l'espace. Ni le langage ni l'imagination ne pouvaient bien traiter une réalité de cette sorte.

La spiritualité orientale a développé plusieurs manières différentes de traiter les aspects paradoxaux de la réalité. Alors qu'ils sont résorbés à travers l'utilisation du langage mythique dans l'hindouïsme, le bouddhisme et le taoïsme tendent à accentuer les paradoxes plutôt qu'à les dissimuler. Le plus important écrit taoïste, le *Tao Te King* de Lao-tseu, est rédigé dans un style extrêmement énigmatique et son langage concis, puissant et très poétique cherche à suspendre l'esprit du lecteur et à lui faire quitter les sentiers battus du raisonnement logique.

Les bouddhistes chinois et japonais ont adopté cette technique taoïste consistant à communiquer l'expérience spirituelle en exposant simplement son caractère paradoxal. Lorsque le maître Zen Daito vit l'empereur Godaigo, qui était un disciple du Zen, le maître dit :

Nous nous sommes quittés il y a plusieurs milliers de kalpas, et cependant nous n'avons pas été séparés, ne serait-ce qu'un instant. Nous nous faisons face toute la journée, cependant nous ne nous sommes jamais rencontrés [1].

Les bouddhistes Zen ont un don particulier pour transformer en vertu les illogismes de la communication orale et, avec le système des *koan,* ils ont développé une manière unique de transmettre leur enseignement au-delà des mots. Les *koan* présentent des énigmes absurdes destinées à faire réaliser à l'élève du Zen les limites de la logique. L'énoncé irrationnel et le contenu paradoxal de ces énigmes les rendent insolubles par la pensée. Elle sont précisément destinées à suspendre le processus mental et, par là même, à préparer l'étudiant à une expérience non verbale de la réalité. Le maître Zen Yasutani présenta à un étudiant occidental l'un des plus célèbres *koan* par les mots suivants :

« L'un des meilleurs *koan,* parce que le plus simple, est *Mu.* Voici son histoire : Un moine vint voir Joshu, un illustre maître Zen en Chine il y a une centaine d'années, et demanda : " Est-ce qu'un chien a la nature de Bouddha ? " Joshu répliqua : *Mu !* Littéralement, l'expression signifie " non " ou " pas ", mais le sens de la réponse de Joshu n'est pas là. *Mu* est l'expression de la nature vivante, active, dynamique de Bouddha. Ce que tu dois faire est découvrir l'esprit ou l'essence de ce *Mu,* non à travers une analyse intellectuelle mais en recherchant dans ton être le plus intime. Puis tu dois me démontrer, concrètement et d'une manière

1. Dans D. T. Suzuki, *L'Essence du bouddhisme (The Essence of Buddhism),* p. 26.

vivante, que tu comprends *Mu* comme vérité vivante, sans référence aux conceptions, théories ou explications abstraites. Rappelle-toi, tu ne peux comprendre *Mu* par la connaissance ordinaire, tu dois l'atteindre directement par toute ta personne [1]. »

A un débutant, le maître Zen présentera normalement soit ce *koan* de *Mu,* soit l'un des deux suivants :

Quel était ton visage originel, celui que tu avais avant que tes parents t'aient donné la vie ?

Tu peux faire le bruit de deux mains qui applaudissent ; maintenant, quel est le son d'une seule main ?

Tous ces *koan* ne permettent en général qu'une réponse, qu'un maître compétent reconnaît immédiatement. Une fois que la solution est trouvée, le *koan* cesse d'être paradoxal et devient une affirmation profondément significative issue de l'état d'éveil qu'il a contribué à susciter.

Dans l'école Rinzai, l'étudiant doit résoudre une longue série de *koan,* chacun d'entre eux traitant d'un aspect particulier du Zen. C'est la seule manière dont cette école transmet son enseignement. Elle ne fait usage d'aucun énoncé positif, mais laisse entièrement aux étudiants le soin de saisir le vrai à travers les *koan.*

Ici nous trouvons un parallèle frappant avec les situations paradoxales auxquelles les physiciens étaient confrontés au début de la physique atomique. Comme dans le Zen, la vérité était cachée dans des paradoxes qui ne pouvaient être résolus par un raisonnement logique, mais devaient être compris dans les termes d'une nouvelle connaissance : la connaissance de la réalité atomique. Le professeur ici était, bien entendu, la nature, qui, comme les maîtres Zen, ne fournit aucune certitude. Elle n'offre que des énigmes.

La résolution d'un *koan* exige un grand effort de concentration et d'engagement de la part de l'étudiant. Dans les livres sur le Zen, nous lisons que le *koan* étreint le cœur et l'esprit de l'étudiant et crée une véritable impasse mentale, un état d'attention soutenue dans lequel le monde entier devient une masse énorme de doutes et de questions. Les fondateurs de la théorie des quanta firent exactement l'expérience de la même situation, décrite ici de la manière la plus vivante par Heisenberg : « Je me rappelle des discussions avec Bohr qui se prolongèrent tard dans la nuit et ne trouvèrent pas d'issue, et quand à la fin de la discussion je sortais seul me promener dans le parc voisin, je me répétais inlassa-

1. Dans P. Kapleau, *Trois piliers du Zen (Three Pillars of Zen),* p. 135.

blement la question : Est-il possible que la nature soit aussi absurde qu'il nous paraît dans ces expérimentations atomiques[1] ? »

Chaque fois que la nature essentielle des choses est analysée par l'esprit, elle semble absurde ou paradoxale. Ce fait a toujours été reconnu par les mystiques, mais n'est devenu que très récemment un problème pour la science. Pendant des siècles, les hommes de science ont recherché les « lois fondamentales de la nature », sous-jacentes à la grande diversité des phénomènes naturels. Ces phénomènes appartenaient à l'environnement macroscopique des savants et, par conséquent, au domaine de leur expérience sensorielle. Du fait que les images et les concepts de leur langage étaient issus de cette expérience même, ils étaient suffisants pour décrire les phénomènes naturels.

La réponse donnée par la conception mécaniste de l'univers de Newton aux questions sur la nature essentielle des choses était proche du modèle de Démocrite dans la Grèce ancienne, réduisant tout phénomène au mouvement et à l'interaction d'atomes durs et indestructibles. Les propriétés de ces atomes étaient déduites de la notion macroscopique de boules de billard, et donc de l'expérience sensorielle. La question de savoir si oui ou non cette théorie pouvait être effectivement appliquée au monde des atomes n'était pas soulevée. Bien sûr, cela n'aurait pu être examiné expérimentalement.

Au XX[e] siècle, toutefois, les physiciens devinrent capables d'aborder expérimentalement le problème de la nature ultime de la matière. Grâce à une technologie plus élaborée, ils étaient en mesure d'explorer de plus en plus profondément la nature, en découvrant une strate de matière après l'autre, en quête des ultimes « briques fondamentales ». De cette façon, l'existence des atomes fut vérifiée, puis furent découvertes leurs composantes, les noyaux et les électrons, et finalement les forces composant le noyau, le proton et les neutrons — et plusieurs autres particules subatomiques.

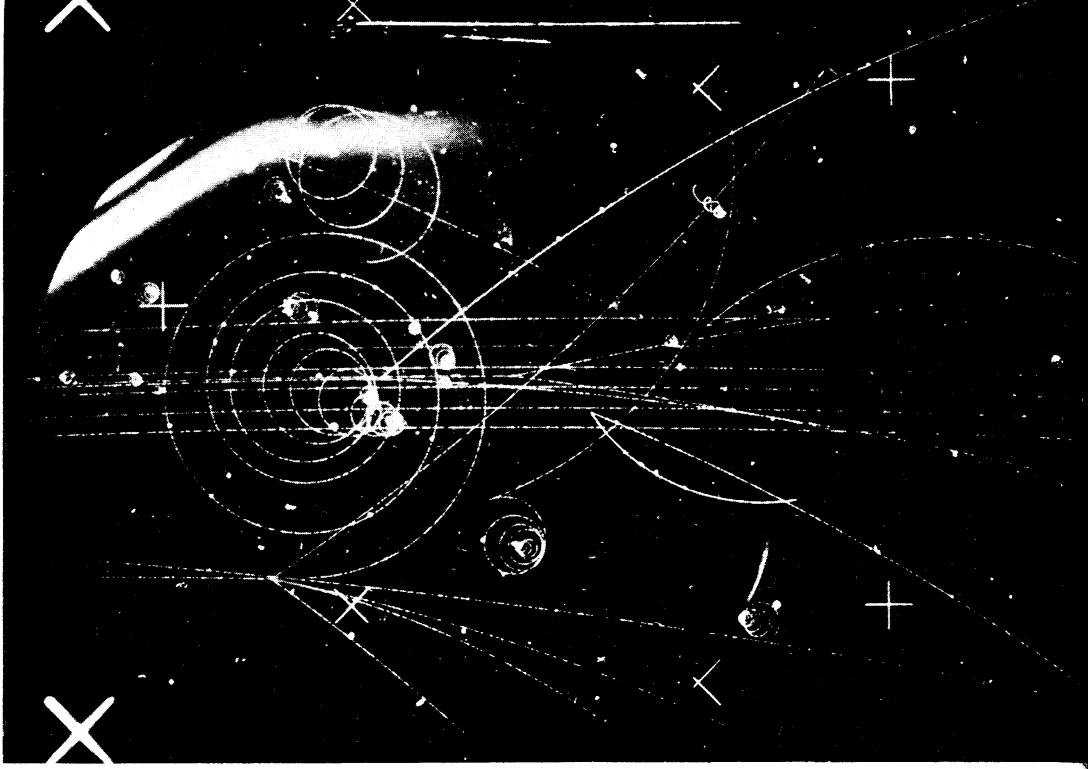
Les instruments délicats et compliqués de la physique moderne expérimentale pénètrent profondément dans le monde inframicroscopique, dans des régions de la nature bien éloignées de notre environnement macroscopique, et rendent ce monde accessible à nos sens. Toutefois, ils ne peuvent le faire qu'à travers une chaîne de processus se terminant, par exemple, dans le déclic audible d'un compteur Gei-

1. W. Heisenberg, *op. cit.*, p. 42.

ger, ou dans le point sombre figurant sur un cliché photographique. Ce que nous voyons, ou entendons, n'est jamais le phénomène étudié lui-même, mais toujours ses conséquences. Le monde atomique et subatomique se tient par-delà notre perception sensorielle.

C'est donc grâce à l'instrumentation moderne que nous sommes en mesure d'« observer » indirectement les propriétés des atomes et leurs composantes, et ainsi d'« expérimenter » jusqu'à un certain point le monde subatomique. Cette expérience, néanmoins, n'est pas ordinaire, en comparaison de celle de notre environnement quotidien. La connaissance de la matière à ce niveau ne provient plus d'une expérience sensible directe, et par conséquent notre langage ordinaire, qui tire ses images du monde des sens, n'est dès lors plus adéquat pour décrire les phénomènes observés. Plus nous pénétrons profondément dans la nature, plus nous devons abandonner les images et les notions du langage courant.

De ce voyage dans le monde de l'infiniment petit, le pas le plus important, d'un point de vue philosophique, fut le premier : le pas dans le monde des atomes. En examinant l'atome et en observant sa structure, la science transcenda les limites de notre imagination sensible. Dès lors, elle ne pouvait plus compter avec une certitude absolue sur la logique et le sens commun. La physique atomique donna aux scientifiques les premiers aperçus sur la nature essentielle des choses. Comme les mystiques, les physiciens s'occupaient maintenant d'expérience non sensorielle de la réalité et, comme eux, ils avaient à affronter l'aspect paradoxal de cette expérience. Par suite, les modèles et les images de la physique moderne s'apparentèrent à ceux de la philosophie orientale.

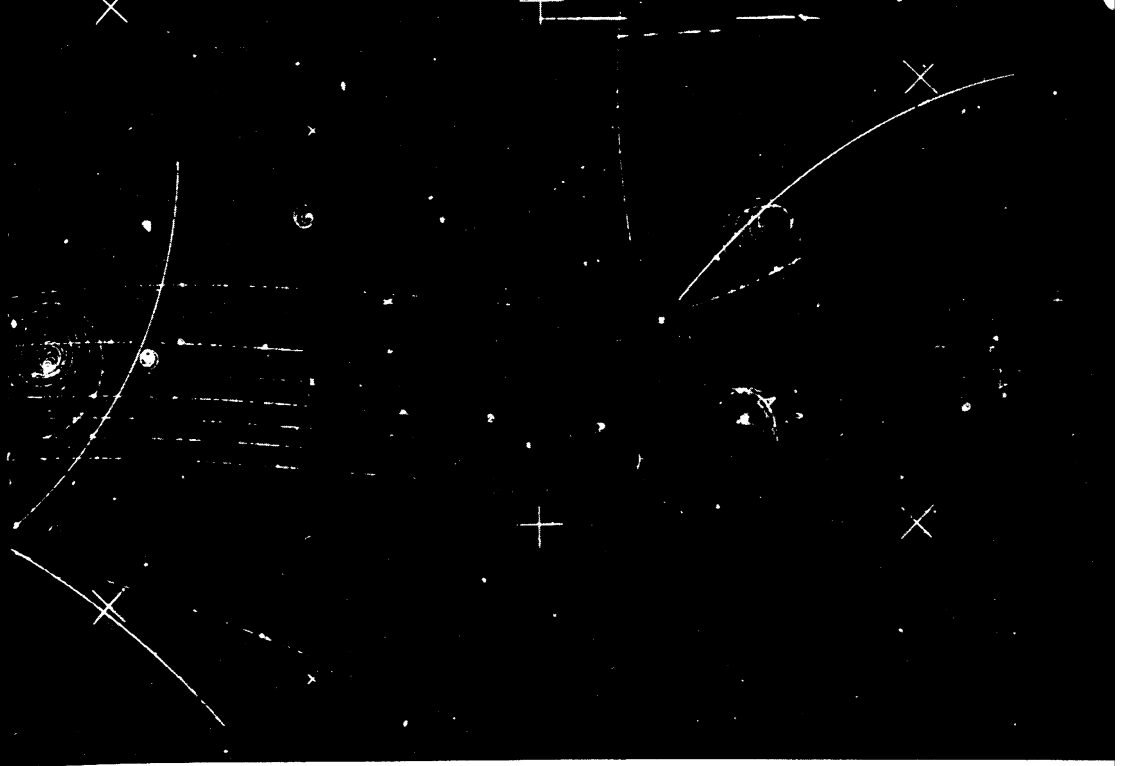


4
La nouvelle physique

Selon les mystiques orientales, l'expérience immédiate de la réalité est un événement capital qui ébranle tous les fondements de notre conception du monde. D. T. Suzuki l'a nommé « l'événement le plus sensationnel qui puisse jamais advenir dans le domaine de la conscience humaine, bouleversant toute espèce d'expérience normale[1], » et il a illustré le caractère choquant de cette expérience avec les mots du maître Zen la décrivant comme le « fond percé d'un seau ».

Au début de ce siècle, les physiciens éprouvèrent un sentiment très proche lorsque les bases de leur conception du

1. D. T. Suzuki, *L'Essence du bouddhisme (The Essence of Buddhism)*, p. 7.



monde furent ébranlées par l'expérience nouvelle de la réalité atomique, et ils décrivirent cette expérience en termes souvent très proches de ceux utilisés par le maître Zen cité par Suzuki. Ainsi Heisenberg écrit-il :

« La réaction violente au développement récent de la physique moderne peut être seulement comprise lorsqu'on réalise qu'alors les bases de la physique ont commencé à bouger, et que ce mouvement a créé le sentiment que la science perdait ses fondements[1]. »

Einstein éprouva le même choc lorsqu'il entra pour la première fois en contact avec la réalité nouvelle de la physique atomique. Il écrivit dans son autobiographie :

« Tous mes efforts pour ajuster le fondement théorique de la physique à ce nouveau type de connaissance ont totalement échoué. C'était comme si le sol s'était dérobé sous mes pieds, sans qu'aucun fondement solide soit visible quelque part, sur lequel on aurait pu construire[2]. »

Les découvertes de la physique moderne ont profondément modifié des notions telles que celles d'espace, de temps, de matière, d'objet, de cause et d'effet. Dès lors que ces notions

1. W. Heisenberg, *Physique et philosophie (Physics and Philosophy)*, p. 167.
2. Dans P. A. Schilpp, *Albert Einstein, philosophe et scientifique (Albert Einstein, Philosopher-Scientist)*, p. 45.

fondent notre manière d'expérimenter le monde, il n'est pas surprenant que les physiciens obligés de les modifier aient ressenti quelque émotion. De ces changements a émergé une nouvelle vision du monde, radicalement différente, encore en voie de formation dans les recherches scientifiques en cours.

Il semble donc que les mystiques orientaux et les physiciens occidentaux soient passés par les mêmes expériences révolutionnaires, qui les ont conduits à des manières totalement nouvelles de voir le monde. Dans les passages suivants, le physicien européen Niels Bohr et le mystique indien Sri Aurobindo expriment tous deux la profondeur et la radicalité de cette expérience :

« Le vaste élargissement de notre expérience durant ces dernières années a mis en lumière les insuffisances de notre naïve conception mécaniste et, en conséquence, a ébranlé le fondement sur lequel se basait l'interprétation habituelle de l'observation[1]. »

Niels Bohr.

« Toutes choses, en fait, commencent à changer de nature ou d'apparence ; notre expérience globale du monde a radicalement évolué. Il s'ouvre un nouveau champ, vaste et profond, d'expérimentations, de visions, de connaissances, de contacts avec les choses[2]. »

Sri Aurobindo.

Ce chapitre tentera d'esquisser un tableau préliminaire de la nouvelle conception du monde, en opposition avec l'arrière-plan de la physique classique* ; montrant comment la conception mécaniste classique du monde a du être abandonnée au début de ce siècle lorsque la théorie des quanta et la théorie de la relativité — les deux bases théoriques de la physique moderne — nous ont contraints d'adopter une vision du monde beaucoup plus subtile, cohérente et organique.

1. N. Bohr, *La Physique atomique et la description de la nature (Atomic Physics and the Description of Nature)*, p. 2.
2. S. Aurobindo, *Le Yoga*, II *(On Yoga II)*, t. I, p. 327.

* Le lecteur qui trouverait cette présentation préliminaire de la physique moderne trop condensée et difficile à comprendre ne doit pas s'inquiéter outre mesure. Tous les concepts mentionnés dans ce chapitre seront examinés plus en détail.

LA PHYSIQUE CLASSIQUE

La vision du monde révolutionnée par les découvertes de la physique moderne était fondée sur le modèle mécaniste de l'univers de Newton. Ce modèle constituait le cadre solide de la physique classique. C'était bien entendu un fondement formidable, comme un rocher puissant, soutenant toute la science et procurant une base solide à la philosophie de la nature pendant près de trois siècles.

Le théâtre de l'univers newtonien, dans lequel se situaient tous les phénomènes physiques, était l'espace à trois dimensions de la géométrie euclidienne classique. C'était un espace absolu, toujours en repos et inchangeable. Selon les termes mêmes de Newton, « un espace absolu par sa nature propre, qui, sans tenir compte des choses extérieures, demeure toujours semblable et immuable[1] ». Tous les changements dans le monde physique étaient décrits par rapport à une dimension séparée, appelée temps, qui elle aussi était absolue, sans rapport avec le monde matériel, et coulait doucement du passé à travers le présent vers le futur. « Temps absolu, vrai et mathématique, disait Newton, qui de lui-même et par sa propre nature se déroule uniformément, indépendamment des choses extérieures[2]. »

Les éléments du monde newtonien se mouvant dans cet espace et ce temps absolus étaient des particules matérielles. Elles étaient qualifiées de « masses ponctuelles », et Newton les voyait comme des petits objets solides et indestructibles, dont toute matière était faite. Ce modèle était presque semblable à celui des atomistes grecs. Les deux étaient fondés sur la distinction entre le plein et le vide, la matière et l'espace et, dans les deux modèles, les particules demeuraient toujours identiques dans leur masse et leur forme. La matière était par conséquent toujours conservée et essentiellement passive. La différence importante entre l'atomisme de Démocrite et celui de Newton est que ce dernier comprend une description précise de la force agissant entre les particules matérielles. Cette force est très simple, dépendant seulement des masses et de la distance entre les particules, c'est la force de gravité, et elle était considérée par Newton comme strictement liée aux corps sur lesquels elle s'exerçait, agissant instantanément à distance. Bien que ce fût une hypothèse singulière, elle ne fut pas examinée plus avant. Les particules et

1. Cité par M. Capek, *La Portée philosophique de la physique contemporaine, (The Philosophical Impact of Contemporary Physics)*, p. 7.
2. *Ibid.*, p. 36.

les forces entre elles, étaient conçues comme ayant été créées par Dieu et ainsi n'étaient pas sujettes à des analyses plus approfondies. Dans son *Optique,* Newton nous donne une image claire de la manière dont il imaginait la création divine du monde matériel :

« Il me semble probable que Dieu, au commencement, a formé la matière à l'aide de particules solides, massives, dures, impénétrables, mobiles, dotées de formes et de tailles et d'autres propriétés, et dans un rapport tel à l'espace qu'elles réalisent le mieux le dessein en vue duquel il les a formées, et que ces particules primaires, étant solides, sont incomparablement plus dures que n'importe quel corps poreux composé par elles ; si dures encore qu'elles ne peuvent jamais être usées ou cassées ; aucun pouvoir ordinaire n'étant capable de diviser ce que Dieu lui-même a fait unique dans la création initiale[1]. »

Dans la mécanique newtonienne, tous les phénomènes physiques sont réduits au mouvement des points matériels dans l'espace, causé par leur attraction mutuelle, c'est-à-dire par la force de gravitation. Afin de mettre sous une forme mathématique précise les effets de cette force sur un point d'une masse, Newton dut inventer des concepts totalement nouveaux et une technique mathématique, celle du calcul différentiel. Ce fut un exploit intellectuel immense, salué par Einstein comme « peut-être le plus grand progrès dans la pensée qu'un individu singulier eut jamais le privilège de réaliser ».

Les règles du mouvement de Newton sont les bases de la mécanique classique. Elles étaient considérées comme des lois fixes, entrant en ligne de compte dans tous les changements survenant dans le monde physique. Selon Newton, Dieu a créé, au commencement, les particules matérielles avec les forces entre elles et les lois fondamentales du mouvement. En ce sens, le monde entier fut mis en mouvement et a continué depuis toujours à tourner, semblable à une machine gouvernée par des lois immuables.

La vision mécaniste de la nature est donc étroitement liée à un rigoureux déterminisme. La machine cosmique géante était perçue comme étant complètement causale et déterminée. Tout ce qui survenait avait une cause définie et engendrait un effet déterminé, et l'on pouvait — en principe — prédire l'avenir de chaque partie du système, avec une certitude absolue, pour autant que l'on connaisse, en détail, sa

1. Dans M. P. Crosland, *La Science de la matière (The Science of Matter),* p. 76.

situation. Cette croyance trouve son expression la plus claire dans les mots célèbres du mathématicien français Pierre-Simon Laplace :

« Un intellect qui à un instant donné connaîtrait toutes les forces en action dans la nature et la position de chaque chose dont le monde est fait — en supposant que ledit intellect soit suffisamment vaste pour soumettre ces faits à l'analyse — comprendrait dans la même formule les mouvements des plus grands corps de l'univers et ceux des atomes les plus infimes ; rien ne serait incertain pour lui, et l'avenir, comme le passé, serait présent à ses yeux[1]. »

La dualité fondamentale du sujet et du monde introduite par Descartes est la base philosophique de ce rigoureux déterminisme. Par suite de cette division, on croyait que le monde pouvait être décrit objectivement, c'est-à-dire sans jamais mentionner l'observation humaine, et une telle description objective de la nature devint l'idéal de la science.

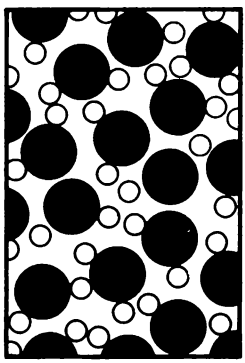
Le XVIII[e] et le XIX[e] siècle témoignent du succès énorme de la mécanique de Newton. Newton lui-même appliqua sa théorie au mouvement des planètes et fut en mesure d'expliquer les traits fondamentaux du système solaire. Son modèle planétaire était grandement simplifié toutefois, négligeant, par exemple, l'influence gravitationnelle des planètes les unes sur les autres, et ainsi il découvrit qu'il existait certaines irrégularités dont il ne pouvait donner l'explication. Il résolut ce problème en postulant l'omniprésence de Dieu dans l'univers pour corriger ces irrégularités.

Le grand mathématicien Laplace s'assigna la tâche ambitieuse d'épurer et de parfaire les calculs de Newton dans un livre qui « offrirait une solution complète du grand problème mécanique posé par le système solaire et amènerait la théorie à coïncider si étroitement avec les observations que les équations empiriques n'auraient plus cours dans les tables astronomiques[2] ». Une grande étude en cinq volumes en résulta, appelée *la Mécanique céleste,* dans laquelle Laplace réussit à expliquer les mouvements des planètes, de la Lune et des comètes jusqu'aux plus infimes détails, aussi bien que le flux des marées et autres phénomènes ayant trait à la gravitation. Il démontra que les lois du mouvement de Newton prouvaient la stabilité du système solaire et traitaient l'univers comme une machine parfaitement autorégulatrice. Lorsque

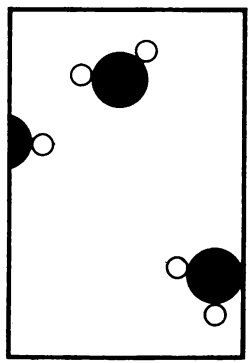
1. Cité par M. Capek, *op. cit.*, p. 122.
2. Cité par J. Jeans, *Le Développement de la science physique (The Growth of Physical Science)*, p. 237.

Laplace présenta la première édition de son œuvre à Napoléon, raconte l'histoire, l'Empereur remarqua : « Monsieur Laplace, on m'a dit que vous aviez écrit ce gros livre sur le système de l'univers sans jamais mentionner son Créateur. » Ce à quoi Laplace répliqua brusquement : « Je n'avais nul besoin de cette hypothèse. »

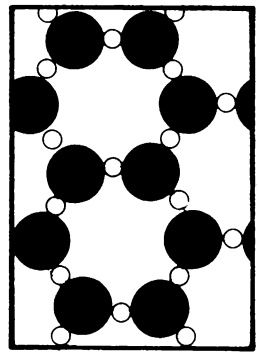
Encouragés par le brillant succès de la mécanique de Newton en astronomie, les physiciens l'étendirent au mouvement continu des fluides et aux vibrations des corps élastiques, et là encore elle triompha. Finalement, même la théorie thermique aurait pu être réduite à la mécanique lorsqu'on réalisa que la chaleur était l'énergie produite par un mouvement « ondulatoire » complexe des molécules. Quand la température de l'eau monte, le mouvement des molécules d'eau augmente jusqu'à ce qu'il excède les forces les liant les unes aux autres et provoque leur dispersion. Ainsi l'eau se transforme-t-elle en vapeur. D'autre part, lorsque le mouvement thermique est ralenti par le refroidissement de l'eau, les molécules se fixent dans une forme nouvelle, la glace. De façon similaire, plusieurs autres phénomènes thermiques peuvent très bien être compris d'un point de vue strictement mécanique.



Eau



Vapeur



Glace [1]

L'énorme succès du modèle mécaniste fit croire aux physiciens du début du XIX[e] siècle que l'univers était véritablement un gigantesque système mécanique régi par les lois du mouvement de Newton. Ces lois étaient considérées comme des lois fondamentales de la nature et la mécanique de Newton

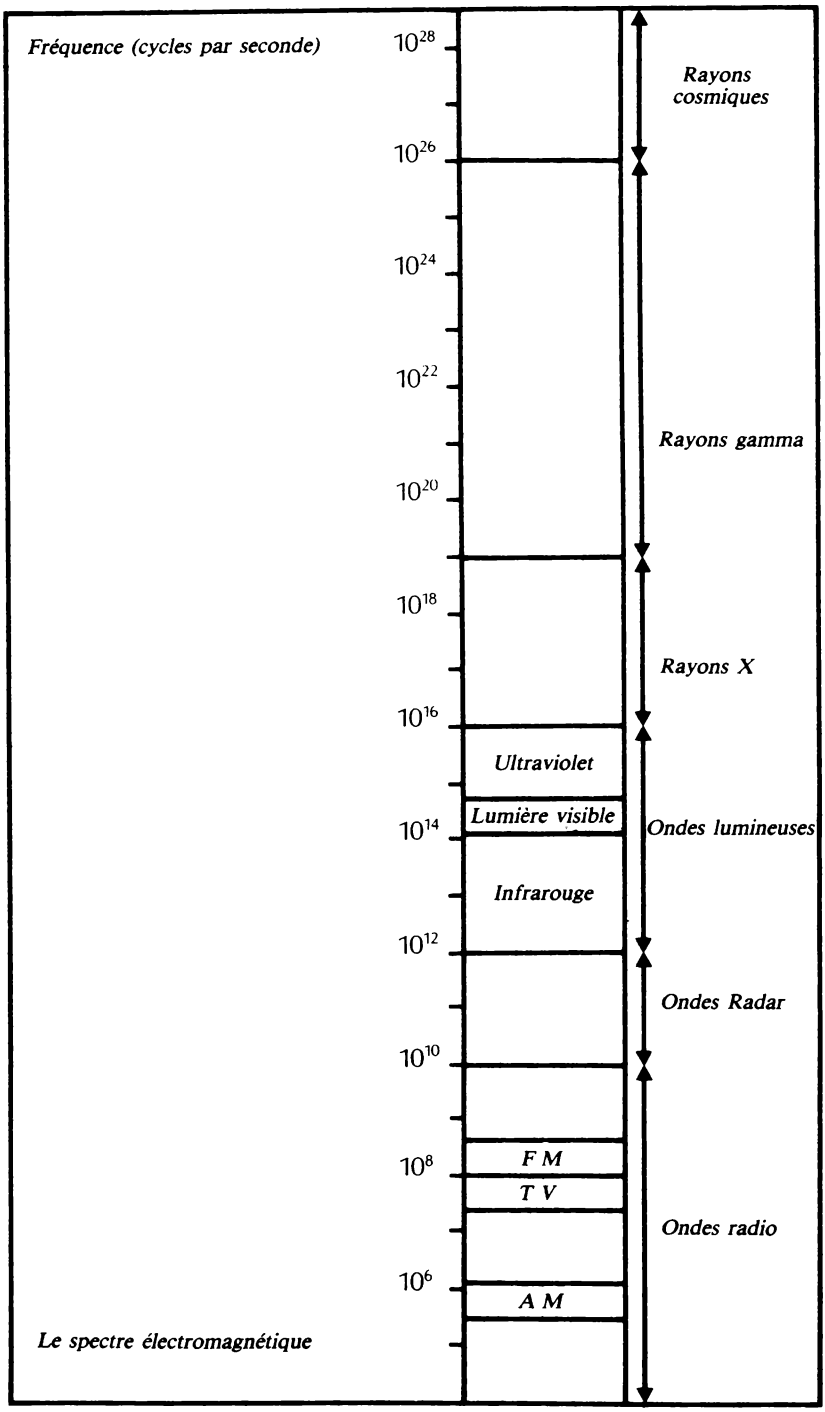
1. *Tables des propriétés des particules (Tables of Particle Properties),* publiées par the Particle Data Group *in Physics Letters* vol. 50 B, n° 1, 1974.

comme la théorie décisive des phénomènes naturels. Cependant, moins d'un siècle plus tard, une nouvelle réalité physique fut découverte, faisant apparaître les limites du modèle newtonien et montrant qu'aucun de ses traits ne possédait de validité absolue.

Cette réalisation n'advint pas abruptement, mais fut préparée par des développements qui avaient déjà commencé au XIX[e] siècle et ouvert la voie aux révolutions scientifiques de notre époque. Le premier de ces développements fut la découverte et l'étude des phénomènes électriques et magnétiques qui n'auraient pu être décrits correctement par le modèle mécaniste, et qui engageaient un nouveau type de force. Ce pas décisif fut fait par Michael Faraday et Clerk Maxwell, le premier étant l'un des plus grands expérimentateurs de l'histoire des sciences, le second, un brillant théoricien. Lorsque Faraday produisit un courant électrique dans une bobine de cuivre en déplaçant un aimant près d'elle, puis transforma le travail mécanique de déplacement de l'aimant en énergie électrique, il amena la science et la technique à un tournant. Son expérimentation fondamentale donna naissance, d'une part, à la vaste technologie de l'énergie électrique, de l'autre, à la constitution de la base de ses théories spéculatives et de celles de Maxwell, qui, par la suite, aboutirent à une théorie complète de l'électromagnétisme. Faraday et Maxwell n'étudièrent pas uniquement les effets des forces électriques et magnétiques, mais firent des forces elles-mêmes l'objet principal de leurs recherches. Ils remplacèrent le concept de force par celui de champ de forces, et, ce faisant, ils furent les premiers à aller au-delà de la physique newtonienne.

Au lieu d'expliquer l'interaction entre une charge positive et une charge négative en disant simplement que les deux charges s'attirent mutuellement comme deux masses dans la mécanique de Newton, Faraday et Maxwell trouvèrent plus juste de dire que chaque charge produit une « perturbation », ou une « condition », dans l'espace environnant, telle que l'autre charge, lorsqu'elle est présente, éprouve une force. Cette condition de l'espace qui a la potentialité de produire une force est appelée un champ. Il est créé par une simple charge et existe, qu'on y place une autre charge ou non.

Cela modifia profondément la conception humaine de la réalité physique. Dans la conception newtonienne, les forces étaient strictement liées aux corps sur lesquels elles agissaient. Maintenant le concept de force était remplacé par le concept beaucoup plus subtil de champ ayant sa propre



Le spectre électromagnétique

réalité et pouvant être étudié sans référence aucune aux corps matériels. L'apogée de cette théorie, appelée électrodynamique, fut la compréhension que la lumière n'est rien d'autre qu'un champ électromagnétique alternatif se propageant dans l'espace sous forme d'ondes. Aujourd'hui, nous savons que les ondes radio, les ondes lumineuses ou les rayons X sont toutes des ondes électromagnétiques, électricité oscillatoire et champs magnétiques différant seulement par la fréquence de leurs oscillations, et que la lumière visible est seulement une petite fraction du spectre électromagnétique.

Malgré ces changements de grande portée, la mécanique newtonienne a tout d'abord maintenu sa position comme base de toute la physique. Maxwell lui-même tenta de traduire ses résultats en termes mécaniques, interprétant les champs comme des états de tension mécanique dans une très légère substance remplissant l'espace, appelée éther, et les ondes électromagnétiques comme ondes élastiques de cet éther. Cela allait de soi, les ondes étant ordinairement appréhendées comme vibrations de quelque chose : les ondes aquatiques comme vibrations de l'eau, les ondes sonores comme vibrations de l'air. Maxwell eut cependant simultanément recours à plusieurs interprétations mécaniques de sa théorie et n'en prit apparemment aucune réellement au sérieux. Il dut réaliser intuitivement, même s'il ne le dit pas explicitement, que les entités fondamentales dans la théorie étaient les champs et non les modèles mécaniques. Ce fut Einstein qui reconnut clairement ce fait cinquante ans plus tard lorsqu'il affirma l'inexistence de l'éther et que les champs électromagnétiques étaient des entités physiques par eux-mêmes, qui pouvaient se propager à travers un espace vide, et dont on ne pouvait donner une explication mécanique.

Au début du XX^{e} siècle, les physiciens se trouvèrent donc en possession de deux théories efficientes s'appliquant à des phénomènes différents : la mécanique de Newton et l'électrodynamique de Maxwell. Ainsi le modèle newtonien avait-il cessé d'être la base de toute la physique.

LA PHYSIQUE MODERNE

Les trois premières décennies de notre siècle changèrent radicalement toute la situation de la physique. Deux développements autonomes — celui de la théorie de la relativité et celui de la physique atomique — invalidèrent tous les concepts principaux de la vision newtonienne du monde : les notions d'espace et de temps absolus, de particules élémen-

taires solides, de phénomènes physiques de nature strictement causale, ainsi que l'idéal d'une description objective de la nature. Aucun de ces concepts ne pouvait être étendu aux nouveaux domaines où les physiciens menaient désormais leurs investigations.

Au début de la physique moderne il y a l'extraordinaire exploit d'un homme : Albert Einstein. Dans deux articles, publiés en 1905, Einstein ouvrit la voie à deux courants de pensée révolutionnaires. L'un fut sa théorie de la relativité, l'autre une nouvelle conception du rayonnement électromagnétique appelée à devenir caractéristique de la théorie quantique, théorie des phénomènes atomiques. La théorie quantique fut achevée vingt ans plus tard par toute une équipe de physiciens, mais la théorie de la relativité fut édifiée dans sa forme définitive presque entièrement par Einstein lui-même. Ses écrits scientifiques se dressent au début du XX^{e} siècle comme d'imposants monuments intellectuels — les pyramides de la civilisation moderne.

Einstein croyait fermement en l'harmonie inhérente à la nature et sa préoccupation la plus profonde, tout au long de sa vie scientifique, fut de trouver un fondement unitaire de la physique. Il commença à se diriger vers ce but en fournissant une structure commune à l'électrodynamique et à la mécanique, les deux théories distinctes de la physique classique. Cette structure est connue sous le nom de théorie de la relativité. Elle unifia et compléta la structure de la physique classique, mais en même temps elle modifia radicalement les notions traditionnelles d'espace et de temps, sapant l'un des fondements de la vision newtonienne du monde.

Selon la théorie de la relativité, l'espace n'est pas tridimensionnel et le temps n'est pas une entité séparée. Tous deux sont intimement liés et forment un continuum à quatre dimensions, l'Espace-Temps. Dans la théorie de la relativité, par conséquent, nous ne pouvons jamais parler de l'espace sans parler du temps et vice versa. En outre, il n'y a pas de fuite universelle du temps comme dans la théorie de Newton. Des observateurs différents placeront différemment des événements dans le temps s'ils se meuvent à des vitesses différentes relativement aux phénomènes observés. Dans un tel cas, deux événements vus comme se produisant simultanément par un observateur peuvent survenir dans des séquences temporelles différentes pour d'autres observateurs. Toutes les mesures mettant en jeu l'espace et le temps perdent donc leur signification absolue. Dans la théorie de la relativité, la notion newtonienne d'un espace absolu comme scène

d'action des phénomènes physiques est abandonnée ainsi que celle d'un temps absolu. Espace et temps deviennent simplement des éléments du langage qu'utilise un observateur particulier pour décrire les phénomènes.

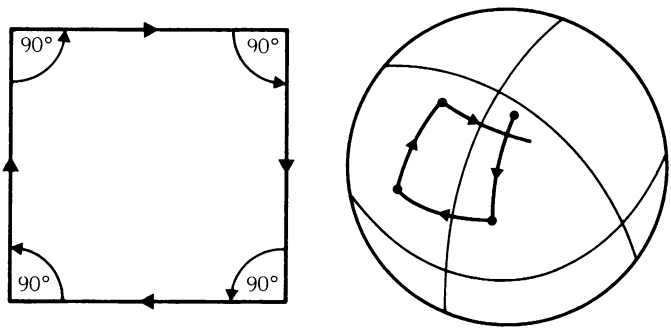
Les concepts d'espace et de temps sont tellement essentiels à la description des phénomènes naturels que leur modification entraîne une transformation de l'ensemble du cadre utilisé pour décrire la matière. La plus importante conséquence de cette modification consiste en la compréhension que la masse n'est rien d'autre qu'une forme d'énergie. Même un corps au repos contient de l'énergie emmagasinée dans sa masse, et le rapport entre les deux est donné par la célèbre équation $E = mc^2$, c étant la vitesse de la lumière.

Cette constante c, la vitesse de la lumière, est d'une importance capitale pour la théorie de la relativité. Chaque fois que nous décrivons des phénomènes physiques engageant des vitesses approchant celle de la lumière, notre description doit tenir compte de la théorie de la relativité. Cela s'applique en particulier aux phénomènes électromagnétiques, dont la lumière n'est qu'un exemple, qui ont conduit Einstein à la formulation de sa théorie.

En 1915 Einstein proposa sa théorie de la relativité générale, dans laquelle le cadre de la théorie restreinte est élargi de façon à inclure la gravité, c'est-à-dire l'attraction réciproque de toutes les masses. Alors que la théorie restreinte a été confirmée par d'innombrables expérimentations, la théorie générale n'a pas encore été prouvée de façon concluante. Quoi qu'il en soit, c'est jusqu'à maintenant la théorie reconnue comme la plus pertinente en ce qui concerne la gravité, et elle est largement utilisée en astrophysique et en cosmologie pour la description de l'univers dans son ensemble.

La force de gravité, selon la théorie d'Einstein, a comme effet de « courber » l'espace et le temps. Cela signifie que la géométrie euclidienne courante n'est plus valable dans un tel espace courbe, de même que la géométrie bidimensionnelle d'un plan ne peut être appliquée à la surface d'une sphère. Sur un plan horizontal, nous pouvons dessiner, par exemple, un carré en rapportant un mètre à une ligne droite, en faisant un angle droit et en rapportant un autre mètre, puis en faisant un autre angle droit et en rapportant un autre mètre, et enfin en faisant un troisième angle droit et en rapportant de nouveau un mètre, après quoi nous sommes ramenés au point de départ et le carré est complet. Sur un sphère, cependant, ce procédé est inutilisable car les règles de la géométrie euclidienne ne valent pas pour les surfaces courbes. De la

même façon, nous pouvons définir un espace courbe tridimensionnel comme étant celui dans lequel la géométrie euclidienne n'est plus valide. La théorie d'Einstein, quant à elle, spécifie que l'espace à trois dimensions est réellement courbe et que la courbure est due au champ de gravitation des corps massifs.



Dessin d'un carré sur un plan et sur une sphère.

Partout où il y a un objet matériel, par exemple une étoile ou une planète, l'espace autour de lui est courbe et le degré de courbure dépend de sa masse. Et, comme l'espace ne peut jamais être séparé du temps dans la théorie de la relativité, le temps est également affecté par la présence de la matière, se propageant à différentes vitesses dans les diverses régions de l'univers. La théorie générale de la relativité d'Einstein abolit ainsi totalement les notions d'espace et de temps absolu. Non seulement toutes les mesures concernant l'espace et le temps deviennent relatives, mais aussi la structure globale de l'espace-temps dépend de la répartition de la matière dans l'univers et la notion d'« espace vide » perd son sens.

La conception mécaniste du monde dans la physique classique était fondée sur la notion de corps solides en mouvement dans l'espace vide. Cette notion est encore valable dans la région nommée « zone de moyennes dimensions », domaine de notre expérience quotidienne, où la physique classique demeure valide. Les notions d'espace vide et de corps matériels solides sont profondément ancrées dans nos habitudes de pensée, aussi nous est-il extrêmement difficile d'imaginer une réalité physique où elles ne s'appliquent pas. C'est pourtant précisément ce que la physique moderne nous oblige à faire quand nous allons au-delà des moyennes dimensions.

L'espace vide a perdu sa signification en astrophysique et en cosmologie, sciences de l'univers dans ses grandes dimensions, et la notion d'objets solides a été anéantie par la physique atomique, science de l'infiniment petit.

Au tournant du siècle, plusieurs phénomènes ayant trait à la structure des atomes et inexplicables en termes de physique classique furent découverts. Les premiers indices de la structure des atomes vinrent de la découverte des rayons X, qui trouva rapidement son application, aujourd'hui très répandue en médecine. Les rayons X, toutefois, ne sont pas les seules radiations émises par les atomes. Peu après leur découverte, d'autres sortes de radiations furent découvertes, émises par les atomes des substances nommées radioactives. Les phénomènes de radioactivité donnèrent une preuve définitive de la nature complexe des atomes, montrant que non seulement les atomes des substances radioactives émettent divers types de radiations, mais qu'ils se transforment aussi eux-mêmes en atomes de substances complètement différentes.

En dehors du fait d'être des objets d'étude intense, ces phénomènes furent aussi utilisés de la façon la plus ingénieuse, comme nouveaux outils pour explorer la matière plus profondément qu'auparavant. Ainsi Max von Laue utilisa-t-il les rayons X pour étudier l'agencement des atomes en cristaux, et Ernest Rutherford réalisa-t-il que les particules alpha, émanant des substances radioactives, étaient des projectiles ultra-rapides de taille subatomique pouvant être utilisés en vue d'explorer l'intérieur des atomes. On pouvait en bombarder les atomes et, selon la façon dont elles étaient déviées, on pouvait tirer des conclusions sur la structure des atomes.

Lorsque Rutherford bombarda les atomes avec ces particules alpha, il obtint des résultats spectaculaires et totalement imprévus. Loin d'être les petits corps durs et solides qu'ils étaient censés être depuis l'Antiquité, les atomes se révélèrent être de vastes régions d'espace dans lesquelles d'extrêmement petites particules, les électrons, tournaient autour du noyau, liées à lui par des forces électriques. Il n'est pas facile de se faire une idée de l'ordre de grandeur des atomes, tant il est éloigné de notre système de mesure macroscopique. Le diamètre d'un atome est à peu près d'une centaine de millionième de centimètre. Afin de visualiser cette taille minuscule, imaginez une orange gonflée à la dimension de la Terre. Les atomes de l'orange auraient alors la taille de cerises. Des myriades de cerises étroitement ser-

rées en un globe de la taille de la Terre, voilà l'image grossie des atomes dans une orange.

Un atome, par conséquent, est extrêmement petit comparé aux objets macroscopiques, mais il est énorme comparé à son noyau central. Dans notre image des atomes de la taille de cerises, le noyau d'un atome serait si petit que nous ne pourrions l'apercevoir. Si nous gonflons l'atome jusqu'à la taille d'un ballon, ou même d'une pièce, le noyau serait encore trop petit pour être perçu à l'œil nu. Pour voir le noyau, nous devrions gonfler l'atome jusqu'aux dimensions de la plus grande coupole du monde, le dôme de la cathédrale Saint-Pierre à Rome. Dans un atome de cette dimension, le noyau aurait la taille d'un grain de sel ! Un grain de sel au milieu du dôme de Saint-Pierre et des grains de poussière tourbillonnant à leur tour dans le vaste espace du dôme. C'est ainsi que nous pouvons nous représenter le noyau et les électrons d'un atome.

Peu après l'émergence de ce monde « planétaire » de l'atome, on découvrit que le nombre des électrons dans les atomes d'un élément détermine les propriétés chimiques de cet élément, et aujourd'hui nous savons que la table périodique complète des éléments peut être construite en ajoutant successivement des protons et des neutrons au noyau de l'atome le plus léger — l'hydrogène*—, et le nombre correspondant d'électrons à sa surface atomique. Les interactions des atomes donnent naissance aux divers processus chimiques, de telle sorte qu'actuellement toute la chimie peut, en principe, être comprise sur les bases des lois de la physique atomique.

Ces lois, toutefois, ne furent pas aisées à découvrir. Elles furent découvertes dans les années 1920, par un groupe international de physiciens parmi lesquels le Danois Niels Bohr, le Français Louis de Broglie, les Autrichiens Erwin Schrödinger et Wolfgang Pauli, l'Allemand Werner Heisenberg et l'Anglais Paul Dirac. Ces hommes joignirent leurs efforts à travers les frontières et entrèrent dans l'une des périodes les plus exaltantes de la science moderne, qui mit l'homme, pour la première fois, au contact de la réalité étrange et inattendue du monde subatomique. Chaque fois que les physiciens questionnèrent la nature dans une expérimentation atomique, celle-ci répondit par un paradoxe, et plus ils essayaient de clarifier la situation, plus aigus devenaient les paradoxes. Il leur fallut un long moment pour accepter le

* L'atome d'hydrogène se compose d'un proton et d'un électron.

fait que ces paradoxes appartiennent à la structure intrinsèque de la physique atomique et réaliser qu'ils surgissent chaque fois qu'on essaie de décrire les phénomènes atomiques dans les termes de la physique traditionnelle. Une fois cela admis, les physiciens commencèrent à savoir poser des questions pertinentes et à éviter les contradictions. Selon les termes de Heisenberg, « ils entrèrent dans l'esprit de la théorie quantique » et finalement trouvèrent la formulation mathématique précise et cohérente de cette théorie.

Les concepts de la théorie quantique ne furent pas aisés à admettre, même après que leur formulation mathématique eut été parachevée. Leurs effets ébranlèrent vraiment l'imagination des physiciens. Les expérimentations de Rutherford montrent que les atomes, au lieu d'être durs et indestructibles, se composent de vastes étendues d'espace dans lesquelles des particules extrêmement petites se meuvent, puis la théorie quantique fit apparaître clairement que même ces particules n'ont rien à voir avec les objets solides de la physique classique. Les unités subatomiques de la matière sont des unités très abstraites qui ont un double aspect. Selon la manière dont nous les observons, elles apparaissent tantôt comme des particules et tantôt comme des ondes ; or cette double nature apparaît également dans la lumière, qui peut prendre la forme d'ondes électromagnétiques ou de particules.

Une particule.

Une onde.

Cette propriété de la matière et de la lumière est très étrange. Il paraît impossible d'accepter le fait que quelque chose soit à la fois une particule, c'est-à-dire une entité contenue dans un très petit volume, et une onde, dispersée sur une vaste région de l'espace. Cette contradiction donna naissance à la plupart des paradoxes à la manière des *koan*, qui conduisirent finalement à la formulation de la théorie quantique. Tout cela commença lorsque Max Planck découvrit que l'énergie du rayonnement thermique n'est pas émise continûment, mais apparaît sous forme de « paquets » d'énergie. Einstein appela « quanta » ces paquets d'énergie et les reconnut comme un aspect fondamental de la nature. Il fut suffisamment audacieux pour postuler que la lumière et toutes les autres formes de rayonnement électromagnétique peu-

vent se manifester non seulement comme ondes électromagnétiques mais aussi sous forme quantique. Les quanta de lumière, qui donnèrent son nom à la théorie des quanta, ont depuis été reconnus comme des particules et sont maintenant nommés photons. Ce sont des particules d'une espèce spéciale, de masse nulle, se propageant toujours à la vitesse de la lumière.

L'apparente contradiction entre l'image de la particule et celle de l'onde fut résolue d'une manière totalement inattendue qui remit en question les fondements véritables de la conception mécaniste du monde — la notion de la réalité de la matière. Au niveau subatomique, la matière n'existe pas avec certitude à des places définies, mais manifeste plutôt une « tendance à exister », et les événements atomiques ne surviennent pas avec certitude, mais manifestent plutôt des « tendances à survenir ». Dans la formulation de la théorie quantique, ces tendances sont exprimées comme des probabilités et sont associées aux quantités mathématiques qui prennent la forme d'ondes. C'est pourquoi les particules peuvent être simultanément des ondes. Il n'y a pas réellement d'ondes tridimensionnelles comme les sons ou les ondes aquatiques. Ce sont des ondes « probables », des quantités mathématiques abstraites, avec les propriétés. caractéristiques des ondes, qui se rapportent aux probabilités de trouver les particules à des points précis dans l'espace et le temps. Toutes les lois de la physique atomique sont exprimées dans les limites de ces probabilités. Nous ne pouvons jamais prédire un cas atomique avec certitude, nous pouvons seulement dire comment il peut probablement advenir.

La théorie quantique a ainsi démantelé les notions classiques d'objets solides et de lois de la nature strictement déterministes. Au niveau subatomique, les objets matériels solides de la physique classique se dissolvent en modèles de probabilités semblables à ceux des ondes, et ces modèles, finalement, ne représentent pas les probabilités des phénomènes, mais plutôt des possibilités d'interconnexion. Une analyse attentive du processus d'observation a montré que, en physique atomique, les particules subatomiques n'ont pas de signification comme entités isolées, mais doivent être comprises comme des communications réciproques entre la préparation d'une expérimentation et les mesures ultérieures. La théorie quantique révèle ainsi l'unicité de l'univers. Elle montre que nous ne pouvons décomposer le monde en ses plus petites unités existantes. Lorsque nous explorons la matière, la nature ne nous montre aucune « première pierre » mais appa-

raît plutôt comme un réseau serré de relations complexes entre les diverses parties d'un tout. Ces relations impliquent toujours l'observateur d'une façon essentielle. L'observateur humain constitue le dernier maillon dans la chaîne des processus d'observation et les propriétés de n'importe quel objet atomique ne peuvent être comprises qu'en termes d'interaction de l'objet et de l'observateur. Cela signifie que l'idéal classique d'une description objective de la nature n'est plus valide. Le dualisme cartésien du sujet et du monde, de l'observateur et de ce qui est observé, ne peut plus être utilisé lorsqu'on traite de la matière atomique. En physique atomique, nous ne pouvons jamais parler de la nature sans, simultanément, parler de nous-mêmes.

La nouvelle théorie atomique résolut immédiatement plusieurs problèmes relatifs aux structures des atomes qui ne peuvent être expliqués par le modèle planétaire de Rutherford. Tout d'abord, les représentations de Rutherford ont montré que les atomes qui composent la matière solide sont formés presque entièrement d'espace vide, du moins en ce qui concerne la répartition de la masse. Mais si tous les objets autour de nous, et nous-mêmes, sommes composés principalement d'espace vide, pourquoi ne pouvons-nous jouer les passe-murailles ? En d'autres termes, qu'est-ce qui donne à la matière son aspect solide ?

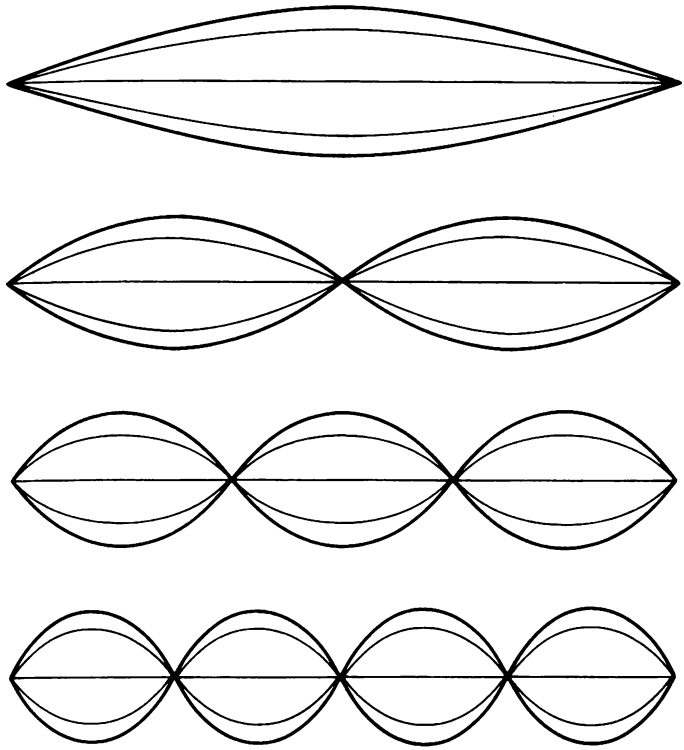
Un second problème était l'extraordinaire solidité mécanique des atomes. Dans l'air, par exemple, les atomes entrent en collision des millions de fois par seconde et cependant retournent à leur forme originelle après chaque collision. Aucun système planétaire régi par les lois de la mécanique classique ne subirait sans dommage ces collisions. Mais un atome d'oxygène maintient toujours sa configuration électronique caractéristique, quel que soit le nombre de fois où il entre en collision avec les autres atomes. Cette configuration est en outre exactement la même pour tous les atomes d'une espèce donnée. Deux atomes de fer, et, par conséquent, deux morceaux de fer pur, sont complètement identiques, d'où qu'ils viennent ou quel qu'ait été leur traitement antérieur.

La théorie quantique a montré que toutes ces propriétés surprenantes des atomes proviennent de la nature ondulatoire de leurs électrons. Tout d'abord l'aspect solide de la matière est la conséquence d'un « effet quantique » typique lié à l'aspect duel ondulatoire/particulaire de la matière, une particularité du monde subatomique sans analogue macroscopique. Chaque fois qu'une particule est enfermée dans une petite région de l'espace, elle réagit à cet emprisonnement en

tournoyant, et plus l'espace est exigu, plus rapide est le mouvement giratoire de la particule. Deux forces entrent en compétition dans l'atome. D'une part, les électrons sont liés aux noyaux par des forces électriques tendant à les maintenir le plus serrés possible. D'autre part, ils répondent à cet emprisonnement en tournoyant, et plus ils sont attirés vers le noyau, plus grande est leur vitesse ; en fait, l'emprisonnement des électrons dans un atome produit une vitesse considérable, d'environ 1 000 kilomètres-seconde. Ces vitesses élevées font apparaître l'atome comme une sphère rigide, de la même façon qu'une hélice en rotation rapide apparaît comme un disque. Il est très difficile de comprimer davantage les atomes, ainsi donnent-ils à la matière son aspect solide et familier.

Dans l'atome, les électrons gravitent donc sur une orbite telle qu'il existe un équilibre optimal entre l'attraction du noyau et leur résistance à être emprisonnés. Les orbites atomiques sont toutefois très différentes de celles des planètes du système solaire, la différence provenant de la nature ondulatoire des électrons. Un atome ne saurait être représenté comme un petit système planétaire. Plutôt que des particules circulant autour du noyau, nous devons nous imaginer des ondes probables disposées en différentes orbites. Chaque fois que nous prenons des mesures, nous trouvons les électrons quelque part sur ces orbites, mais nous ne pouvons pas dire qu'ils tournent autour du noyau au sens de la mécanique classique.

Dans les orbites, les ondes électroniques doivent être disposées de telle sorte que leurs extrémités se touchent, c'est-à-dire qu'elles forment des modèles connus sous le nom « d'ondes continues ». Ces modèles apparaissent chaque fois que les ondes sont enfermées dans une région finie, comme les ondes d'une corde vibrante de guitare, ou dans l'air à l'intérieur d'une flûte (voir diagramme). Il apparaît clairement à travers ces exemples que les ondes continues ne peuvent revêtir qu'un nombre limité de formes bien définies. Dans le cas des ondes de l'électron à l'intérieur d'un atome, cela veut dire qu'elles ne peuvent exister que dans certaines orbites atomiques de diamètres déterminés. L'électron d'un atome d'hydrogène, par exemple, ne peut exister que sur certaines orbites, et nulle part ailleurs. Dans les conditions normales, il sera toujours sur sa plus petite orbite, appelée état initial de l'atome. De là il peut sauter sur des orbites plus élevées s'il reçoit une quantité suffisante d'énergie, l'atome est alors considéré comme dans un état d'« excitation », d'où



Modèles ondulatoires sur une corde vibrante.

il reviendra à son état initial après un certain temps, l'électron dégageant l'excès d'énergie sous la forme d'un quantum de radiation électromagnétique ou photon. Les états d'un atome, c'est-à-dire les formes et les distances mutuelles des orbites des électrons, sont exactement les mêmes pour tous les atomes ayant le même nombre d'électrons. C'est pourquoi deux atomes quelconques d'oxygène, par exemple, seront complètement identiques. Ils peuvent être dans différents états d'excitation, peut-être dus aux collisions avec d'autres atomes dans l'air, mais, après un moment, ils retourneront invariablement au même état initial. La nature ondulatoire des électrons explique donc l'identité des atomes et leur grande stabilité mécanique.

Un nouveau trait caractéristique des états atomiques est le fait qu'ils peuvent être complètement représentés par un ensemble de nombres intégraux, appelés « nombres quantiques », qui indique la localisation et la structure des orbites

électroniques. Le premier chiffre quantique est celui de l'orbite et détermine l'énergie qu'un électron doit posséder pour être sur cette orbite ; deux chiffres supplémentaires déterminent la structure détaillée de l'onde de l'électron sur l'orbite et sont relatifs à la vitesse et à l'orientation de la rotation de l'électron*. Le fait que ces détails sont exprimés par des nombres intégraux signifie que l'électron ne peut pas changer sa rotation de façon continue, mais seulement sauter d'une valeur à l'autre, selon son orbite. Là encore les valeurs les plus élevées représentent des états d'excitation de l'atome, l'état initial étant celui où tous les électrons sont sur les plus petites orbites et exercent la moindre rotation.

Tendances à exister, particules réagissant par le mouvement à l'emprisonnement, atomes passant soudain d'un état quantique à un autre, et une interrelation fondamentale de tous les phénomènes — voilà quelques-uns des traits caractéristiques du monde atomique. D'autre part, l'énergie fondamentale qui alimente tous les phénomènes atomiques est bien connue et peut être expérimentée dans le monde macroscopique. C'est la force de l'attraction électrique entre le noyau chargé positivement et l'électron chargé négativement. L'effet réciproque de cette force et des ondes électroniques donne naissance à l'immense variété des structures et des phénomènes de notre environnement. Il est responsable de toutes les réactions chimiques et de la formation des molécules, c'est-à-dire d'agrégats de plusieurs atomes liés les uns aux autres par une attraction mutuelle. L'interaction entre les électrons et les noyaux atomiques est donc à la base de tous les corps solides, liquides et gazeux, ainsi que de tous les organismes vivants et des processus biologiques qui leur sont associés.

Dans ce monde immensément riche en phénomènes atomiques, les noyaux jouent le rôle de centres extrêmement petits et stables constituant la source de l'énergie électrique et formant l'ossature de la grande variété des structures moléculaires. Pour comprendre ces structures et la plupart des phénomènes naturels autour de nous, il suffit de connaître la charge et la masse des noyaux. Toutefois, afin de comprendre la nature de la matière, de savoir de quoi elle est constituée en dernière analyse, on doit étudier les noyaux atomiques, qui contiennent pour ainsi dire toute sa masse. Dans

* La « rotation » d'un électron sur son orbite ne doit pas être entendue au sens classique du terme, elle est déterminée par la forme de l'onde d'électron en fonction des probabilités d'existence de la particule dans certaines parties de l'orbite.

les années 1930, après que la théorie des quanta eut éclairé l'univers atomique, telle était donc la tâche principale des physiciens : comprendre la structure des noyaux, leurs composantes et les forces qui les maintiennent si fermement ensemble.

Le premier pas important vers une compréhension de la structure nucléaire fut la découverte du neutron, la seconde composante du noyau, une particule qui a approximativement la même masse que le proton (la première composante du noyau) — environ deux mille fois la masse de l'électron — mais ne porte aucune charge électrique. Cette découverte ne prouvait pas seulement que les noyaux de tous les éléments chimiques étaient composés de protons et de neutrons, elle révélait également que l'énergie nucléaire, maintenant ces particules si fermement serrées à l'intérieur du noyau, était un phénomène complètement inédit. Elle ne pouvait être d'origine électromagnétique, les neutrons étant électriquement neutres. Les physiciens eurent vite fait de réaliser qu'ils se trouvaient en présence d'une nouvelle énergie naturelle qui ne se manifeste nulle part hors du noyau.

Un noyau atomique est environ cent mille fois plus petit que l'atome total et cependant il contient à peu près toute la masse de l'atome. Cela veut dire que la matière du noyau est extrêmement dense comparée aux formes de la matière que nous connaissons. En effet, si le corps humain pris dans sa totalité était comprimé à la densité nucléaire, il n'occuperait pas plus de volume qu'une tête d'épingle. La densité élevée n'est toutefois pas l'unique propriété exceptionnelle de la matière nucléaire. Étant de la même nature quantique que les électrons, les nucléons — comme sont souvent nommés les protons et les neutrons — réagissent à leur emprisonnement par des vitesses élevées, et leur réaction est d'autant plus violente qu'ils sont comprimés dans un plus petit volume. Ils tournoient dans le noyau à une vitesse d'environ 70 000 kilomètres-seconde ! La matière nucléaire est ainsi une forme de matière entièrement différente de tous les objets dont nous avons l'expérience dans notre environnement macroscopique. L'image la plus juste que nous puissions en donner est peut-être celle des gouttelettes d'un liquide extrêmement dense qui frissonne et bouillonne très violemment.

L'aspect essentiellement nouveau de la matière nucléaire, expliquant toutes ses propriétés exceptionnelles, est la puissante énergie nucléaire, et sa portée extrêmement courte est la caractéristique rendant cette énergie unique. Elle agit seu-

lement lorsque les nucléons arrivent très près les uns des autres, c'est-à-dire quand leur distance est à peu près deux à trois fois leur diamètre. A une telle distance, l'énergie nucléaire exerce une forte attraction mais, lorsque la distance s'amenuise encore, l'énergie devient fortement répulsive, de telle sorte que les nucléons ne peuvent s'approcher plus près les uns des autres. En ce sens, l'énergie nucléaire maintient le noyau dans un équilibre extrêmement stable, quoique extrêmement dynamique.

L'image de la matière ressortant de l'étude des atomes et des noyaux montre que sa majeure partie est concentrée en petits points séparés par d'énormes distances. Dans le vaste intervalle entre les gouttes denses en effervescence se meuvent les électrons. Ceux-ci constituent seulement une infime fraction de l'ensemble de la masse, mais donnent à la matière son aspect solide et fournissent les liens nécessaires pour construire les structures moléculaires. Ils sont aussi impliqués dans les réactions chimiques et donc responsables des propriétés chimiques de la matière. Les réactions nucléaires, d'autre part, ne se produisent en général pas naturellement dans cette forme de matière car les énergies disponibles ne sont pas suffisamment élevées pour troubler l'équilibre nucléaire.

Pourtant cette forme de matière, avec sa multitude de structures et de textures et son architecture moléculaire complexe, ne peut exister que dans des conditions très spéciales, quand la température n'est pas trop élevée, afin que les molécules ne s'agitent pas trop. Lorsque l'énergie thermique augmente d'environ cent fois, comme c'est le cas dans la plupart des étoiles, toutes les structures atomiques et moléculaires sont détruites. La majeure partie de la matière existe, en fait, dans un état qui est très différent de celui-là. Au centre des étoiles existent de grosses accumulations de matière nucléaire, et les processus nucléaires qui n'ont cours que très rarement sur terre prédominent là-bas. Ils sont essentiels à la grande variété des phénomènes stellaires observés en astronomie, naissant pour la plupart d'une combinaison d'effets nucléaires et gravitationnels. Pour notre planète, les processus nucléaires au centre du Soleil sont d'une importance particulière parce qu'ils fournissent l'énergie qui soutient notre environnement terrestre. Ce fut l'un des grands triomphes de la physique moderne de découvrir que le flux d'énergie provenant du Soleil, notre lien vital avec le cosmos, est le résultat de réactions nucléaires, de phénomènes survenant dans le monde de l'infiniment petit.

Dans l'histoire de l'exploration humaine du monde infra-microscopique, un seuil fut atteint au début des années 1930 lorsque les chercheurs pensèrent qu'ils avaient finalement découvert la « brique fondamentale » de la matière. On savait que toute la matière se composait d'atomes et que ces derniers étaient constitués de protons, neutrons et électrons. Ces « particules élémentaires » étaient considérées comme les ultimes unités de matière indestructible : atomes au sens démocritéen. Bien que la théorie des quanta implique, comme on l'a vu, que nous puissions décomposer le monde en unités indépendantes et infiniment petites, cela n'était en ce temps-là généralement pas perçu. Les conceptions classiques étaient encore si prédominantes que la plupart des physiciens essayaient de comprendre la matière en termes de « briques fondamentales », et ce courant de pensée est, en fait, encore répandu aujourd'hui.

Deux développements ultérieurs de la physique moderne ont montré qu'on devait abandonner la notion de particules élémentaires comme unités primordiales de matière. L'un de ces développements fut expérimental, l'autre théorique, tous deux commencèrent dans les années 30. Du côté expérimental, des nouvelles particules furent découvertes tandis que les physiciens amélioraient leurs techniques d'expérimentation et développaient de nouveaux moyens ingénieux de détecter les particules. Ainsi le nombre des particules connues passa de trois à six en 1935, puis à dix-huit vers 1955, et aujourd'hui nous connaissons plus de deux cents particules élémentaires. Les deux tableaux tirés d'une récente publication montrent la plupart des particules connues aujourd'hui. Ils illustrent d'une manière convaincante que l'adjectif « élémentaire » ne convient plus dans une telle situation. Au fur et à mesure que l'on découvrait davantage de particules au cours des années, il devenait clair qu'on ne pouvait plus les qualifier d'« élémentaires » et, aujourd'hui, l'opinion qu'aucune d'elles ne mérite ce nom est largement répandue chez les physiciens.

Cette opinion est renforcée par les développements théoriques parallèles à la découverte d'un nombre toujours croissant de particules. Peu après la formulation de la théorie des quanta, il devint clair qu'une théorie complète des phénomènes nucléaires ne devait pas être uniquement une théorie des quanta, mais également inclure la théorie de la relativité. Cela parce que les particules limitées aux dimensions des noyaux se déplacent souvent si vite que leur vitesse approche celle de la lumière. Ce fait est essentiel pour la description de leur comportement : toute description de phénomènes

Tableau des Mésons

April 1974

entry	$I^G(J^P)C_n$	entry	$I^G(J^P)C_n$	entry	$I^G(J^P)C_n$	entry	$I(J^P)$
π (140)	$1^-(0^-)+$	→ η_N (1080)	$0^+(N)+$	ρ' (1600)	$1^+(1^-)-$	K (494)	$1/2(0^-)$
η (549)	$0^+(0^-)^*$	A_1 (1100)	$1^-(1^+)+$	A_3 (1640)	$1^-(3^-)+$	K^* (892)	$1/2(1^-)$
ϵ (600)	$0^+(0^+)+$	→ N (1150)		ω (1675)	$0^-(N)-$	κ	$1/2(0^+)$
ρ (770)	$1^+(1^-)-$	→ $A_{1,3}$ (1170)	1^-	g (1680)	$1^+(3^-)-$	Q	$1/2(1^+)$
ω (783)	$0^-(1^-)-$	B (1235)	$1^+(1^+)-$	→ X (1690)	?	K^* (1420)	$1/2(2^+)$
→ M (940)		→ ρ' (1250)	$1^+(1^-)-$	→ X (1795)	1	→ K_N (1660)	1/2
→ M (953)	?	ζ (1270)	$0^+(2^+)+$	→ S (1930)	1	→ K_N (1760)	1/2
η' (958)	$0^+(0^-)+$	D (1285)	$0^+(A)+$	→ A_m (1960)	1^-	L (1770)	1/2(A)
δ (970)	$1^-(0^+)+$	A_2 (1310)	$1^-(2^+)+$	→ ρ (2100)	1^+	→ K_N (1850)	
→ H (990)	$0^-(A)-$	E (1420)	$0^+(A)+$	→ T (2200)	1	→ K^* (2200)	
S^* (993)	$0^+(0^+)+$	→ X (1430)	0	→ ρ (2275)	1^+	→ K^* (2800)	
ϕ (1019)	$0^-(1^-)-$	→ X (1440)	1	→ U (2360)	1		
→ M (1033)		f' (1514)	$0^+(2^+)+$	→ $N\bar{N}$ (2375)	0	→ Exotics	
→ B_1 (1040)	1^+	F_1 (1540)	1 (A)	→ X(2500-3600)			

Tableau des Baryons

April 1974

N(939)	P11	****	Δ(1232)	P33	****	Λ(1116)	P01	****	Σ(1193)	P11	****	Ξ(1317)	P11	**
N(1470)	P11	****	Δ(1650)	S31	****	Λ(1330)		Dead	Σ(1385)	P13	****	Ξ(1530)	P13	****
N(1520)	D13	****	Δ(1670)	D33	***	Λ(1405)	S01	****	Σ(1440)		Dead	Ξ(1630)		**
N(1535)	S11	****	Δ(1690)	P33	*	Λ(1520)	D03	****	Σ(1480)		*	Ξ(1820)		***
N(1670)	D15	****	Δ(1890)	P35	***	Λ(1670)	S01	****	Σ(1620)	S11	**	Ξ(1940)		***
N(1688)	F15	****	Δ(1900)	S31	*	Λ(1690)	D03	****	Σ(1620)	P11	**	Ξ(2030)		**
N(1700)	S11	***	Δ(1910)	P31	***	Λ(1750)	P01	**	Σ(1670)	D13	****	Ξ(2250)		*
N(1700)	D13	**	Δ(1950)	F37	****	Λ(1815)	F05	****	Σ(1670)		**	Ξ(2500)		**
N(1780)	P11	***	Δ(1960)	D35	**	Λ(1830)	D05	***	Σ(1690)		**			
N(1810)	P13	***	Δ(2160)		**	Λ(1860)	P03	**	Σ(1750)	S11	***	Ω(1672)	P03	****
N(1990)	F17	**	Δ(2420)	H311	***	Λ(1870)	S01	**	Σ(1765)	D15	****			
N(2000)	F15	**	Δ(2850)		***	Λ(2010)	D03	**	Σ(1840)	P13	*			
N(2040)	D13	**	Δ(3230)		***	Λ(2020)	F07	**	Σ(1880)	P11	**			
N(2100)	S11	*				Λ(2100)	G07	****	Σ(1915)	F15	****			
N(2100)	D15	*	Z0(1780)	P01	*	Λ(2110)	?05	*	Σ(1940)	D13	***			
N(2190)	G17	***	Z0(1865)	D03	*	Λ(2350)		****	Σ(2000)	S11	*			
N(2220)	H19	***	Z1(1900)	P13	*	Λ(2585)		***	Σ(2030)	F17	****			
N(2650)		***	Z1(2150)		*				Σ(2070)	F15	*			
N(3030)		***	Z1(2500)		*				Σ(2080)	P13	**			
N(3245)		*							Σ(2100)	G17	**			
N(3690)		*							Σ(2250)		****			
N(3755)		*							Σ(2455)		***			
									Σ(2620)		***			
									Σ(3000)		**			

**** Good, clear, and unmistakable. *** Good, but in need of clarification or not absolutely certain.
** Needs confirmation. * Weak.

naturels engageant des vitesses proches de celle de la lumière doit tenir compte de la théorie de la relativité. Elle doit être, comme on dit, une description relativiste. Ce dont nous avons besoin, par conséquent, en vue d'une totale compréhension du monde nucléaire, est une théorie incluant à la fois la théorie quantique et la théorie de la relativité. Une telle théorie n'a pas encore été découverte, et donc nous ne sommes pas encore capables de formuler une théorie complète du noyau. Bien que nous en sachions déjà beaucoup sur la structure nucléaire et sur l'interaction des particules nucléaires, nous ne comprenons pas encore la nature et la forme complexe de l'énergie nucléaire à un niveau fondamental. Il n'existe pas de théorie complète de l'univers des particules comparable à la théorie des quanta pour l'univers atomique. Nous avons plusieurs modèles « quantiques relativis-

tes » qui décrivent très bien certains aspects du monde des particules, mais la fusion de la théorie des quanta et de celle de la relativité en une théorie complète de l'univers particulaire demeure le problème central et le grand défi de la physique fondamentale actuelle.

La théorie de la relativité a exercé une profonde influence sur notre représentation de la matière en nous forçant à modifier de façon radicale notre conception de la particule. Dans la physique classique, la masse d'un corps fut toujours associée à une substance matérielle indestructible. La théorie de la relativité a montré que la masse n'a rien à voir avec une substance quelconque, mais est une forme de l'énergie. L'énergie, cependant, est une quantité dynamique, une activité. Le fait que la masse d'une particule soit équivalente à une certaine quantité d'énergie signifie que la particule ne saurait plus dès lors être perçue comme un objet statique, mais doit être considérée comme un modèle dynamique, un processus mettant en jeu l'énergie qui se manifeste elle-même comme masse.

Cette nouvelle manière de considérer les particules fut introduite par Dirac lorsqu'il formula une équation relativiste décrivant le fonctionnement des électrons. La théorie de Dirac ne réussit pas seulement à très bien expliquer les détails subtils de la structure atomique, mais révéla également une symétrie fondamentale entre la matière et la non-matière. Elle annonça l'existence d'un anti-électron pourvu de la même masse que l'électron, mais avec une charge opposée. Cette particule chargée positivement, désormais appelée positron, fut découverte véritablement deux ans après que Dirac l'avait pressentie. La symétrie entre la matière et l'antimatière suppose que pour chaque particule donnée existe une antiparticule de masse égale et de charge opposée. Les paires de particules et d'antiparticules peuvent être créées si une énergie suffisante est disponible et convertible en énergie pure dans le processus inverse de destruction. Ce processus de création et de destruction de particules avait été pressenti par la théorie de Dirac avant d'être effectivement découvert dans la nature, et depuis lors il a été observé des millions de fois.

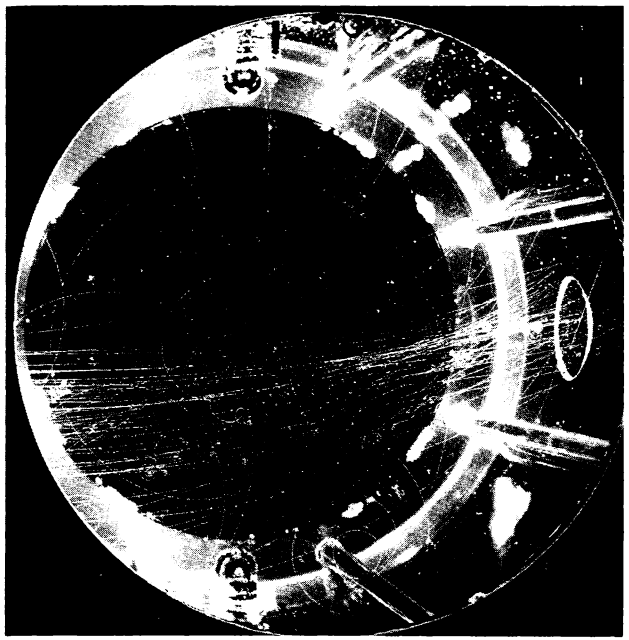
La création de particules matérielles à partir d'énergie pure est certainement l'effet le plus spectaculaire de la théorie de la relativité, et ne peut être comprise qu'en fonction de l'aperçu général sur les particules esquissé ci-dessus. Avant la physique relativiste de la particule, les éléments de la matière étaient toujours considérés soit comme des unités élémentai-

res indestructibles et inchangeables, soit comme des objets composites pouvant être fractionnés en leurs éléments constitutifs, et la question fondamentale était de savoir si l'on pouvait diviser la matière à l'infini, si l'on arriverait finalement à quelque minuscule unité indivisible. Après la découverte de Dirac, tout le problème de la division de la matière apparut sous un jour nouveau. Lorsque deux particules se heurtent avec une énergie élevée, elles éclatent généralement en morceaux, mais ces morceaux ne sont pas plus petits que la particule originelle. Ce sont encore des particules de même nature, produites par l'énergie cinétique engagée dans le processus de collision. Le problème de la division de la matière est ainsi résolu de façon imprévue. La seule manière de diviser davantage les particules atomiques est de provoquer des processus de collision mettant en jeu une énergie élevée. De cette façon on peut diviser indéfiniment la matière, mais on n'obtient jamais de plus petits morceaux car on ne fait que créer des particules à partir de l'énergie mise en jeu dans le processus. Les particules subatomiques sont donc à la fois destructibles et indestructibles.

Cet état de fait est condamné à rester paradoxal aussi longtemps que nous adoptons la conception statique d'objets composés consistant en « blocs fondamentaux ». Ce n'est que lorsqu'on adopte une conception relativiste que le paradoxe disparaît. Les particules sont alors vues comme des schèmes dynamiques ou processus, impliquant une certaine quantité d'énergie nous apparaissant sous forme de masse. Dans un processus de collision, l'énergie de deux particules se heurtant est répartie pour former un nouveau système, et s'il est doté d'une quantité suffisante d'énergie cinétique, ce nouveau système peut inclure des particules supplémentaires.

Les collissions des particules subatomiques de haute énergie sont la méthode principale dont usent les physiciens afin d'étudier les propriétés de ces particules, et par conséquent la physique de la particule est également nommée physique des hautes énergies. Les énergies cinétiques requises pour les expériences de collisions sont obtenues au moyen de gros accélérateurs de particules*, énormes machines circulaires à la circonférence de plusieurs kilomètres, dans lesquels les protons sont accélérés à des vitesses proches de celle de la lumière et sont alors projetés sur d'autres protons ou des

* Voir photographie pages 12-13, montrant une vue aérienne d'un accélérateur à Fermilan, près de Batavia, Illinois, d'une circonférence de 7 kilomètres (photo prise en 1971, lors de la construction du laboratoire).



neutrons. Il est impressionnant que de telles machines soient nécessaires à l'étude du monde de l'infiniment petit. Elles sont les supermicroscopes de notre époque.

La plupart des particules créées lors de ces collisions ne durent qu'un temps extrêmement bref — beaucoup moins qu'un millionième de seconde —, après quoi elles se désintègrent à nouveau en protons, neutrons et électrons. En dépit de leur durée d'existence excessivement courte, ces particules peuvent être non seulement détectées et leurs propriétés mesurées, mais elles peuvent être effectivement amenées à laisser des traces photographiables ! Ces traces de particules sont produites dans des « chambres à bulles » d'une manière similaire à la façon dont un avion à réaction laisse une traînée dans le ciel. Les particules réelles sont d'un ordre de grandeur beaucoup plus petit que les bulles laissant des traces mais, d'après l'épaisseur et la courbure d'une trace, les physiciens peuvent identifier la particule qui l'a engendrée. L'image ci-dessus montre de telles traces. Les points d'où émanent plusieurs traces sont les points de collision de particules, et les courbes sont causées par les champs magnétiques utilisés par les expérimentateurs pour identifier les particules. Les collisions de particules sont notre principale méthode

pour étudier leurs propriétés et leurs interactions, et les belles lignes, spirales et courbes, qu'elles tracent dans les chambres à bulles sont par conséquent d'une importance souveraine pour la physique moderne.

Les expérimentations de hautes énergies des décennies passées nous ont montré la nature dynamique et toujours changeante de l'univers particulaire. La matière est apparue dans ces expériences comme totalement instable. Toutes les particules peuvent se transformer en d'autres particules ; elles peuvent être produites à partir de l'énergie et retourner à l'état d'énergie. Dans cet univers, les notions classiques comme celles de « particules élémentaires », « substance matérielle » ou « objet isolé » ont perdu leur signification, l'univers entier apparaît comme un réseau dynamique de structures énergétiques interdépendantes. Jusqu'ici nous n'avons pas encore trouvé une théorie complète pour décrire ce monde des particules subatomiques, mais nous avons plusieurs modèles théoriques qui en décrivent certains aspects. Aucun de ces modèles n'est exempt de difficultés mathématiques, et ils se contredisent tous d'une certaine manière, mais tous reflètent l'unité de base et le caractère dynamique intrinsèque de la matière. Ils montrent que ses propriétés ne peuvent être comprises qu'en fonction de ses activités, de ses interactions avec l'environnement, et que la particule, par conséquent, ne peut être considérée comme une entité isolée, mais doit être comprise comme partie intégrante de l'ensemble.

La théorie de la relativité n'a pas seulement influencé de façon décisive notre conception des particules, mais aussi notre représentation des énergies que leur rencontre met en jeu. Dans une description relativiste des interactions de particules, les forces entre les particules — c'est-à-dire leur attraction ou leur répulsion mutuelle — sont représentées comme l'échange d'autres particules. Cette notion est très difficile à visualiser. Elle est une conséquence du caractère quadridimensionnel (selon l'espace-temps) du monde subatomique, et ni notre intuition ni notre langage ne peuvent traiter cette représentation très exactement. Cependant elle est essentielle à la compréhension des phénomènes subatomiques. Elle relie les énergies d'éléments constitutifs de la matière aux propriétés d'autres composantes de la matière, et unifie ainsi les deux notions d'énergie et de matière, qui étaient apparues si fondamentalement différentes, depuis les atomistes grecs. On considère maintenant que l'énergie et la matière ont une ori-

gine commune dans les systèmes dynamiques que nous nommons particules.

Le fait que les particules entrent en interaction à travers des énergies se manifestant elles-mêmes comme l'échange de particules est une autre raison pour laquelle l'univers subatomique ne peut être décomposé en ses parties constituantes. Du niveau macroscopique au niveau nucléaire, les énergies assemblant les corps sont relativement faibles et il est approximativement juste de dire que les objets matériels sont constitués de leurs composantes. Ainsi peut-on dire d'un grain de sel qu'il est constitué de molécules de sel, les molécules de sel de deux sortes d'atomes, les atomes composés de noyaux et d'électrons, et les noyaux de protons et de neutrons. Au niveau de la particule, toutefois, il n'est plus possible de voir les choses ainsi.

Ces dernières années, il y a eu un nombre croissant de preuves que les protons et les neutrons sont également des composés ; mais les énergies les assemblant sont si fortes ou — ce qui revient au même — les vitesses atteintes par les composantes sont si élevées, que l'image relativiste doit être appliquée ; ces énergies sont aussi des particules. Ainsi, la distinction entre les particules constituantes et celles mettant en jeu les forces de cohésion s'efface et la notion approximative d'objet composé de parties constituantes s'effondre.

Dans la physique moderne, l'univers est ainsi considéré comme un ensemble dynamique indissociable, incluant toujours l'observateur d'une manière essentielle. Dans cette expérience, les notions traditionnelles d'espace et de temps, d'objets isolés et de cause et d'effet perdent leur signification. Une telle expérience est très proche de celle des mystiques orientaux. La similitude devient apparente dans les théories des quanta et de la relativité, et devient même plus manifeste dans les modèles « quantiques-relativistes » de physique subatomique où ces deux théories se combinent pour produire le plus frappant parallèle avec la philosophie orientale.

Avant d'explorer ces parallèles, on donnera un bref aperçu des écoles de philosophie orientale pour le lecteur peu familier avec elles. Ce sont les diverses écoles des philosophies religieuses de l'hindouisme, du bouddhisme et du taoïsme. Dans les cinq chapitres suivants, l'arrière-plan historique, les traits caractéristiques et les concepts philosophiques de ces traditions spirituelles seront décrits, en insistant sur ceux des aspects et des concepts qui seront importants en vue d'une comparaison ultérieure avec les données de la physique.

Deuxième partie

La voie des mystiques orientales

5
L'hindouisme

Pour comprendre les philosophies qui vont être décrites, il est important de comprendre qu'elles sont d'essence religieuse. Leur principale visée est l'expérience mystique directe de la réalité, et, cette expérience étant par nature religieuse, elles sont indissociables de la religion. Plus que d'aucune autre tradition orientale, cela est vrai de l'hindouisme, où la relation entre philosophie et religion est particulièrement forte. On a dit que presque toute pensée aux Indes est en un sens une pensée religieuse, et l'hindouisme n'a pas seulement influencé, pendant plusieurs siècles, la vie intellectuelle indienne, mais aussi déterminé presque complètement sa vie sociale et culturelle.

L'hindouisme ne peut être considéré comme une philosophie et ne semble pas être non plus une religion bien définie, c'est plutôt un organisme socioculturel complexe constitué de sectes innombrables, de cultes et de systèmes philosophiques, et comportant des rituels, des cérémonies et des disciplines spirituelles aussi bien que le culte d'innombrables dieux et déesses. Les diverses facettes de cette tradition spirituelle complexe, encore persistante et puissante, reflètent les caractéristiques géographiques, raciales, linguistiques et culturelles du vaste subcontinent indien. Les manifestations de l'hindouisme comportent les philosophies les plus sophistiquées, développant des conceptions d'une portée et d'une profondeur étonnantes, mais aussi les pratiques rituelles naïves et enfantines des masses. Si la majorité des Indiens sont de simples villageois qui maintiennent vivante la religion dans leur culte quotidien, l'hindouisme a, d'autre part, produit un grand nombre de maîtres spirituels éminents, qui en ont transmis les aspects profonds.

La source spirituelle de l'hindouisme provient des Veda, un recueil d'écritures anciennes rédigées par des sages anonymes, les « voyants » védiques. Il existe quatre Veda, le plus ancien d'entre eux étant le Rig-Veda. Écrits en sanskrit classique, le langage sacré de l'Inde, les Veda sont demeurés la plus haute autorité religieuse pour la plupart des sectes de l'hindouisme. Aux Indes, tout système philosophique qui ne reconnaît pas l'autorité des Veda est considéré comme non orthodoxe.

Chacun de ces Veda est composé de plusieurs parties rédigées à diverses périodes, probablement entre 1500 et 500 avant notre ère. Les plus anciennes sont des hymnes et prières sacrés. Les parties plus tardives traitent des rituels sacrificiels liés aux hymnes védiques, et les dernières, nommées Upanishad, élaborent leur contenu philosophique et pratique. Les Upanishad contiennent l'essence du message spirituel hindou. Ils ont guidé et inspiré les plus grands esprits indiens durant les vingt-cinq derniers siècles, conformément à l'avertissement contenu dans ces vers :

Saisissant comme un arc la grande arme des Upasnishad,
Il faut y placer une flèche aiguisée par la méditation,
Le bander avec une pensée dirigée vers l'essence de Cela,
Et pénétrer cet Impérissable qui est la cible, mon ami[1] !

La masse des Indiens, cependant, a reçu les enseignements de l'hindouisme non à travers les Upanishad, mais par le moyen d'un grand nombre de récits populaires et colorés, sous la forme d'immenses épopées, qui sont à la base de la grande mythologie indienne. L'une de ces épopées, le Mahabharata, contient le plus célèbre texte religieux indien, le magnifique poème spirituel de la Bhagavad-Gita. La Gita, comme on l'appelle communément, est un dialogue entre le dieu Krishna et le guerrier Arjuna qui est, dans un grand désespoir, forcé à combattre ses propres parents dans la grande guerre familiale qui forme la principale histoire du Mahabharata. Krishna, déguisé en conducteur du char d'Arjuna, conduit le chariot juste entre les deux armées et, dans cette scène dramatique du champ de bataille, il commence à révéler à Arjuna les plus profondes vérités de l'hindouisme. Tandis que le dieu parle, l'arrière-fond réaliste de la guerre entre les deux familles s'évanouit, et il devient manifeste que la bataille d'Arjuna est la bataille spirituelle

1. Mundaka Upanishad, 2, 2, 3.

de l'homme, la bataille du guerrier à la recherche de l'illumination. Krishna lui-même conseille Arjuna :

Tue, donc, avec l'épée de la sagesse le doute né de l'ignorance qui réside en ton cœur. Sois Un en harmonie avec toi-même, dans le Yoga, et lève-toi, grand guerrier, lève-toi[1].

La base de l'enseignement spirituel de Krishna, comme de tout l'hindouisme, est l'idée que, dans leur multitude, les phénomènes autour de nous ne sont que les diverses manifestations de la même réalité ultime. Cette réalité, nommée *Brahman,* est l'idée unificatrice qui donne à l'hindouisme son caractère essentiellement moniste en dépit du culte des nombreux dieux et déesses.

Brahman, l'ultime réalité, est entendu comme l'« âme » ou « essence intérieure » de toutes choses. Il est infini et par-delà tous concepts ; il ne peut être compris par l'intelligence, ni décrit de façon adéquate par les mots : *Brahman, sans commencement, suprême : par-delà ce qui est et par-delà ce qui n'est pas*[2]. *Incompréhensible est cette âme suprême, illimitée, non née, qu'on ne peut rationaliser, impensable*[3]. Cependant, les gens veulent parler de cette réalité et les sages indiens, avec leur penchant caractéristique pour le mythe, ont représenté Brahman comme divin et parlé de lui en langage mythologique. Les divers aspects de la divinité ont donné les noms des divers dieux adorés par les hindous, mais les Écritures précisent que tous ces dieux ne sont que les reflets d'une unique réalité ultime :

Les gens disent : « Adore ce dieu-ci ! Adore ce dieu-là ! l'un après l'autre. En vérité, ceci est la création de Brahman ! Et il est, lui-même, tous les dieux[4]. »

La manifestation de Brahman dans l'âme humaine est nommée *atman,* et l'idée qu'*atman* et Brahman, la réalité individuelle et la réalité ultime, ne font qu'un est l'essence des Upanishad :

Ce qui est la plus subtile essence, ce monde-ci tout entier, a cela pour âme, c'est la réalité. Cela est atman. *Cela est toi*[5].

Un thème de base revient souvent dans la mythologie hindoue : c'est la création du monde par le sacrifice de Dieu —

1. Bhagavad-Gita, 4, 42.
2. Bhagavad-Gita, 13, 12.
3. Maitri Upanishad, 6, 17.
4. Brihad-Aranyaka Upanishad, 1, 4, 6.
5. Chandogya Upanishad, 6, 9, 4.

« sacrifice » au sens originel d'« acte sacré » — par lequel Dieu devient le monde qui, à la fin, redevient Dieu. Cette activité créatrice de la divinité est nommée *lila,* le jeu de Dieu, et le monde est perçu comme la scène du jeu divin. Comme la majeure partie de la mythologie indienne, le mythe de *lila* a une forte saveur magique. Brahman est le grand magicien se transformant lui-même en monde et il accomplit cet exploit avec son pouvoir magique de création, qui est la signification originelle de *maya* dans le Rig-Veda. Le mot *maya* — l'un des termes essentiels de la philosophie indienne — a changé de sens au cours des siècles. Du pouvoir ou de la puissance de l'acteur divin et du magicien, il en est venu à signifier l'état psychologique de quiconque est sous le charme du jeu magique. Aussi longtemps que nous confondons les myriades de formes du divin *lila* avec la réalité, sans percevoir l'unité de Brahman sous-jacente à toutes ces formes, nous sommes sous le charme de *maya.*

Maya, par conséquent, ne signifie pas que le monde est une illusion, comme il est souvent affirmé à tort. L'illusion réside seulement dans notre point de vue, si nous pensons que les formes et les structures, les choses et les événements autour de nous sont des réalités de la nature, au lieu de prendre conscience qu'il ne s'agit que de concepts, mesures et catégories forgés par nos consciences. *Maya* est l'illusion qui prend ces concepts pour la réalité, qui confond la carte avec le territoire.

Ainsi, dans la vision hindoue de la nature, toutes les formes sont relatives, *maya* inconstantes et toujours changeantes, évoquées par le grand magicien du jeu divin. Le monde de *maya* change continuellement, car le divin *lila* est un jeu dynamique et rythmique. La force dynamique du jeu est le *karma,* autre concept important de la pensée indienne. *Karma* veut dire action. C'est le principe actif du jeu, l'univers entier en mouvement, où chaque chose est en relation dynamique avec les autres. Selon des mots de la Gita, *karma est l'énergie créatrice d'où toutes choses tirent leur existence*[1].

La signification du *karma,* comme celle de *maya,* a été ramenée de son niveau originel au niveau humain où ce mot a acquis un sens psychologique. Aussi longtemps que notre vision du monde demeure fragmentaire, aussi longtemps que nous sommes sous l'envoûtement de *maya* et pensons que nous sommes distincts de notre environnement et pouvons

1. Bhagavad-Gita, 8, 3.

agir indépendamment de lui, nous sommes retenus par le *karma*. Se libérer des liens du *karma* signifie réaliser l'unité et l'harmonie de toute la nature, l'être humain compris, et agir en conséquence. La Gita est très claire sur ce point :

Toutes les actions se déroulent dans le temps par l'entrelacement des forces de la nature, mais l'homme, perdu dans une illusion égoïste, pense qu'il en est lui-même l'acteur. Celui qui connaît la relation entre les forces de la nature et les actions voit comment certaines forces naturelles agissent sur d'autres, et ne devient pas leur esclave[1].

Se libérer de l'envoûtement de *maya*, briser les chaînes du *karma* signifie réaliser que tous les phénomènes que nous percevons par nos sens sont les éléments d'une même réalité. Cela signifie qu'il faut expérimenter, concrètement et personnellement, que toute chose, y compris nous-même, est Brahman. Cette expérience est nommée *moksha*, ou « libération », dans la philosophie hindoue, et elle est l'essence véritable de l'hindouisme.

L'hindouisme soutient qu'il existe d'innombrables voies de libération. On ne saurait s'attendre à ce que tous les adeptes soient capables d'approcher la divinité de la même façon, il existe donc divers concepts, rituels et exercices spirituels accordés à différents modes d'éveil. Le fait que beaucoup de ces concepts ou pratiques soient contradictoires ne trouble pas le moins du monde les Indiens, car ils savent que Brahman est de toute façon au-delà des concepts et des images. De cette attitude proviennent la grande tolérance et l'hospitalité caractéristiques de l'hindouisme.

L'école la plus intellectuelle est le Vedanta qui se fonde sur les Upanishad et insiste sur le fait que Brahman est un concept philosophique impersonnel, détaché de tout contenu mythologique. En dépit de son niveau intellectuel et philosophique élevé, la voie de libération védantique est très différente de n'importe quelle école de philosophie occidentale, incluant comme elle le fait la méditation quotidienne et d'autres exercices spirituels en vue de réaliser l'union avec Brahman.

Une autre importante et influente méthode de libération est le *yoga*, mot signifiant « unir », « joindre », et qui a trait à l'union de l'âme individuelle au Brahman. Il existe plusieurs écoles ou voies de *yoga* comprenant un entraînement physique de base et diverses disciplines psychiques destinées à des gens de différents types et degrés spirituels.

1. *Ibid.*, 3, 27-8.

Pour le commun des Indiens, la manière la plus populaire d'approcher la divinité est de l'adorer sous la forme d'un dieu personnel ou d'une déesse. La fertile imagination indienne a créé littéralement des milliers de divinités qui apparaissent au cours d'innombrables manifestations. Les trois divinités les plus adorées en Inde aujourd'hui sont Shiva, Vishnu et la Mère divine. Shiva est l'un des plus anciens dieux indiens, il peut revêtir de multiples formes. Il est nommé Mahesvara, le Grand Seigneur, lorsqu'il est représenté comme la personnalisation de Brahman dans sa plénitude, et il peut aussi représenter plusieurs aspects particuliers du divin. Sa plus célèbre apparence étant celle de Nataraja, le Seigneur de la Danse. Danseur cosmique, Shiva est le dieu de la création et de la destruction, soutenant par sa danse le rythme infini de l'univers. Vishnu également se montre sous différentes apparences, l'une d'elles étant le dieu Krishna de la Bhagavad Gita. En général, le rôle de Vishnu est de préserver l'univers. La troisième divinité de cette triade est Shakti, la Mère divine, la déesse archétypale manifestant sous ses nombreuses formes l'énergie féminine de l'univers.

Shakti apparaît aussi comme épouse de Shiva, et tous deux sont souvent représentés dans des étreintes passionnées sur les splendides sculptures de certains temples, qui rayonnent d'une extraordinaire sensualité, atteignant un degré totalement inconnu dans l'art religieux occidental. Contrairement à la plupart des religions d'Occident, le plaisir sensuel n'a jamais été banni dans l'hindouisme, car le corps a toujours été considéré comme partie intégrante de l'être humain, sans jamais été banni par l'hindouisme, car le corps a toujours n'essaie pas de réprimer les désirs de son corps par la volonté consciente, mais vise à se réaliser lui-même, dans tout son être, corps et esprit. L'hindouisme a même développé une branche, le tantrisme médiéval, où l'illumination est recherchée à travers une profonde expérience sexuelle dans laquelle chacun est l'autre, conformément à la formule des Upanishad :

Comme un homme étreint par une femme bien-aimée ne connaît plus rien d'intérieur ni d'extérieur, ainsi cette personne, étreinte par l'âme intelligente, ne connaît rien d'intérieur ni d'extérieur[1].

Shiva était étroitement associé à cette forme médiévale de mysticisme érotique, de même que Shakti et de nombreuses autres divinités féminines existant dans la mythologie

1. Brihad-Aranyaka Upanishad, 4, 3, 21.

Sculpture en pierre, Khajuraho (Inde), vers l'an 1000.

indienne. Cette abondance de déesses montre encore une fois que dans l'hindouisme l'aspect physique et sensuel de la nature humaine, qui a toujours été associé à la féminité, est une partie totalement intégrante de la divinité. Les déesses indiennes ne sont pas décrites comme des saintes vierges, mais dans des étreintes d'une éblouissante beauté.

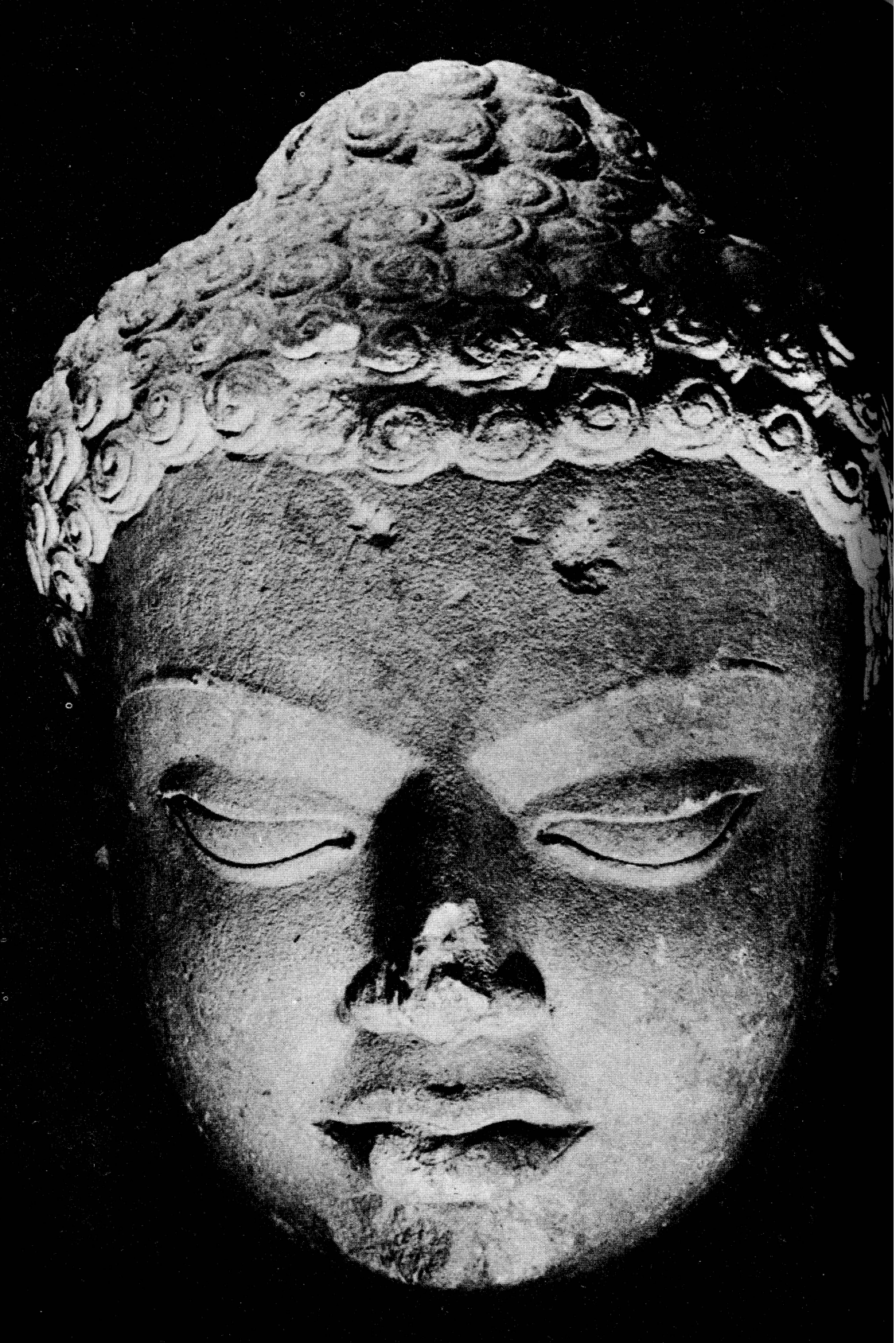
L'esprit occidental est souvent troublé par le nombre fabuleux de dieux et de déesses peuplant la mythologie hindoue de leurs incarnations et leurs apparences diverses. Pour comprendre comment les Indiens peuvent s'accommoder de ces multitudes de divinités, nous devons être conscients de l'attitude fondamentale de l'hindouisme selon laquelle toutes ces divinités sont substantiellement identiques. Ce sont toutes des manifestations de la même réalité divine, reflétant les divers aspects du Brahman infini, omniprésent et, en fin de compte, incompréhensible.

6
Le bouddhisme

Le bouddhisme est, depuis plusieurs siècles, la tradition spirituelle prédominante dans la plus grande partie de l'Asie, y compris les pays de l'Asie du Sud-Est, Ceylan, le Népal, le Tibet, la Chine, la Corée. Comme l'hindouisme en Inde, il a exercé une forte influence sur la vie intellectuelle, culturelle et artistique de ces pays. A la différence de l'hindouisme, cependant, le bouddhisme remonte à un fondateur unique, Siddhartha Gautama, le Bouddha « historique ». Il vécut en Inde au milieu du VI[e] siècle avant notre ère, durant la période fabuleuse qui vit la naissance de tant de génies spirituels et philosophiques : Confucius et Lao-tseu en Chine, Zarathoustra en Perse, Pythagore et Héraclite en Grèce.

Si le style de l'hindouisme est mythologique et ritualiste, celui du bouddhisme est décidément psychologique. Le Bouddha ne se préoccupait pas de satisfaire la curiosité humaine touchant à l'origine du monde, la nature de la divinité ou des questions similaires. Il s'intéressait exclusivement à la situation humaine, aux souffrances et aux frustrations des êtres humains. Sa doctrine, par conséquent, n'était pas métaphysique, mais psychothérapique. Il indiqua l'origine des frustrations humaines et la manière de les dépasser, adoptant dans ce dessein les concepts indiens traditionnels de *maya, karma, nirvana,* etc., et leur donna une interprétation psychologique nouvelle, dynamique et directe.

Après la mort du Bouddha, le bouddhisme se développa dans deux écoles principales, Hinayana et Mahayana. Le Hinayana, ou Petit Véhicule, est une école orthodoxe se tenant à la lettre de l'enseignement du Bouddha, tandis que le Mahayana, ou Grand Véhicule, fait preuve d'une attitude plus souple, croyant que l'esprit d'une doctrine est plus



important que la lettre. L'école Hinayana s'établit à Ceylan, en Birmanie et en Thaïlande, tandis que le Mahayana s'étendit au Népal, au Tibet, en Chine et au Japon et devint, par la suite, la plus importante des deux écoles. En Inde même, le bouddhisme fut absorbé, après plusieurs siècles, par l'hindouisme, souple et assimilateur, et le Bouddha fut finalement considéré comme une des incarnations du dieu Vishnu.

Tandis que le bouddhisme Mahayana se répandait à travers l'Asie, il entra en contact avec des peuples de cultures et de mentalités différentes, qui interprétèrent la doctrine bouddhique à leur manière, approfondissant en détail ses aspects subtils et y ajoutant leurs propres idées originales. En ce sens, ils maintinrent le bouddhisme vivant au long des siècles et développèrent des philosophies hautement élaborées, d'une profonde pénétration psychologique.

En dépit du niveau intellectuel élevé de ces philosophies, le bouddhisme Mahayana ne s'égara toutefois jamais en spéculations abstraites. Comme toujours dans la spiritualité orientale, l'intelligence est considérée simplement comme un moyen de clarifier la voie vers l'expérience mystique directe, que les bouddhistes nomment « éveil ». L'essence de cette expérience est de surmonter le monde des distinctions intellectuelles et des opposés pour atteindre le monde d'*acintya*, l'impensable, où la réalité apparaît telle qu'elle est, indivisée et indifférenciée.

Telle fut l'expérience de Siddhartha Gautama une nuit, après sept ans de discipline acharnée dans les forêts. Assis en état de profonde méditation sous le célèbre arbre *bodhi*, l'arbre de l'éveil, il obtint soudain l'illumination décisive et déterminante, parachevant toutes ses recherches et résolvant tous ses doutes dans l'acte du « parfait éveil insurpassé », qui fit de lui Bouddha, c'est-à-dire « l'éveillé ». Pour le monde oriental, l'image du Bouddha en méditation est aussi significative que celle du Christ crucifié pour l'Occident, et elle a inspiré d'innombrables artistes qui dans toute l'Asie ont créé de magnifiques sculptures de Bouddha en méditation.

Selon la tradition bouddhiste, immédiatement après son éveil, le Bouddha s'en fut au Parc des Gazelles de Bénarès, pour prêcher sa doctrine à ses anciens compagnons ermites. Il l'exprima dans la célèbre formule des Quatre Nobles Vérités, un exposé concis de l'essentiel de sa doctrine, assez proche de l'énoncé d'un médecin, qui, en premier lieu, établit la cause de la maladie de l'humanité, puis affirme que cette maladie peut être guérie et finalement prescrit le remède.

La Première Noble Vérité expose la spécificité de la situa-

Visage du Bouddha, Inde, V^e siècle.

tion humaine, *duhkha,* qui est souffrance ou frustration. Cette frustration vient de notre difficulté à affronter le fait fondamental de la vie, le fait que chaque chose autour de nous est changeante et transitoire. *Toutes choses adviennent et meurent,*[1] dit le Bouddha, et la constatation que ce flux et ce changement sont les traits fondamentaux de la nature est à la racine du bouddhisme. La souffrance survient, dans la conception bouddhiste, chaque fois que nous résistons au flux de la vie et essayons de nous accrocher à des formes fixes qui sont toutes *maya,* qu'il s'agisse de choses, d'événements, de gens ou d'idées. Cette doctrine de l'impermanence inclut également l'idée qu'il n'existe pas *d'ego,* aucun soi-même ne demeurant le sujet inchangé de nos diverses expériences. Le bouddhisme soutient que l'idée d'un soi individuel distinct est une illusion, juste une autre forme de *maya,* une notion intellectuelle qui n'a aucune réalité. S'accrocher à une telle notion conduit à la même frustration que l'attachement à n'importe quelle autre catégorie fixe de pensée.

La Seconde Noble Vérité traite de la cause de toute souffrance, *trishna,* qui est l'attachement. C'est l'attachement futile à la vie, fondé sur un point de vue fallacieux nommé *avidya,* ou ignorance, dans la philosophie bouddhiste. Du fait de cette ignorance, nous fractionnons le monde perçu en choses individuelles et distinctes, et tentons ainsi d'enfermer les formes fluides de la réalité dans des catégories fixes forgées par l'esprit. Aussi longtemps que prévaut cette conception, nous restons condamnés à aller de frustration en frustration. Essayant de nous accrocher aux choses que nous voyons comme si elles étaient fixes et persistantes, alors qu'en fait elles sont transitoires et toujours changeantes, nous devenons prisonniers d'un cercle vicieux où chaque action engendre une action ultérieure et où la réponse à chaque question pose de nouvelles questions. Dans le bouddhisme, ce cercle vicieux est nommé *samsara,* le cycle de naissance et de mort, et il est mû par le *karma,* la chaîne sans fin des causes et des effets.

La Troisième Noble Vérité affirme que l'on peut mettre un terme à la souffrance et à la frustration. Il est possible de rompre le cercle vicieux du *samsara,* de se libérer de l'esclavage du *karma* et d'atteindre un état de totale libération appelé *nirvana.* Dans cette situation, les fausses conceptions d'un moi distinct ont disparu à tout jamais et l'unicité de toute vie est devenue un sentiment permanent. Le *nirvana* est

1. Dhammapada, 113.

l'équivalent de *moksha* dans la philosophie indienne et, étant un état de conscience au-delà de tous concepts intellectuels, il est indescriptible. Atteindre le *nirvana* revient à parvenir à l'éveil, ou à l'état de Bouddha.

La Quatrième Noble vérité est la prescription du Bouddha pour en finir avec toute souffrance, l'Octuple Sentier du développement de soi conduisant à l'état de Bouddha. Les deux premières sections de ce sentier traitent de la *vision juste* et de la *connaissance juste,* c'est-à-dire de l'intuition exacte de la situation humaine, nécessaire point de départ. Les quatre sections suivantes traitent de l'*action juste.* Elles indiquent les règles du savoir-vivre bouddhiste, voie médiane entre des extrêmes opposés. Les deux dernières sections concernent la *juste conscience éveillée* et la *méditation juste* et décrivent l'expérience mystique directe de la réalité, qui est le but ultime.

Le Bouddha ne développa point sa doctrine en un système philosophique élaboré, la considérant plutôt comme un moyen pour parvenir à l'illumination. Ses considérations sur le monde se bornèrent à mettre en relief la non-permanence de toutes choses. Il insista sur la liberté à l'égard de toute autorité spirituelle, y compris la sienne, disant qu'il pouvait seulement indiquer le chemin du bouddhisme et que c'était à chacun de s'efforcer de suivre cette voie jusqu'à son terme. Les derniers mots de Bouddha sur son lit de mort sont caractéristiques de sa conception du monde et de son attitude en tant que maître spirituel : *le déclin est inhérent à toutes choses composées,* dit-il avant de trépasser ; *déployez vos efforts avec diligence.*[1]

Pendant les premiers siècles qui suivirent la mort de Bouddha, plusieurs grands conciles furent réunis par les moines dirigeants de l'ordre bouddhiste. A ces occasions l'enseignement était récité à haute voix et les différentes interprétations établies. Au quatrième de ces conciles, qui eut lieu dans l'île de Ceylan (Sri Lanka) au Ier siècle de notre ère, la doctrine apprise par cœur, transmise oralement pendant plus de cinq siècles, fut pour la première fois consignée par écrit. Ce recueil, écrit en langue pali, est connu comme le Canon pali et forme la base de l'école orthodoxe Hinayana. L'école Mahayana, de son côté, est basée sur un certain nombre de *sutra,* textes de vastes dimensions, écrits en sanskrit un ou deux siècles plus tard et présentant l'enseignement du Boud-

1. Digha Nikaya, II, 154.

dha d'une façon beaucoup plus élaborée et subtile que le Canon pali.

L'école Mahayana se dénomme elle-même le Grand Véhicule du bouddhisme, car elle offre à ses adeptes une grande variété de méthodes, ou de « moyens habiles », pour atteindre à l'état de Bouddha. Ces méthodes vont de doctrines mettant l'accent sur la foi religieuse dans l'enseignement de Bouddha à des philosophies incluant des concepts très proches de la pensée scientifique moderne.

Le premier interprète de la doctrine Mahayana, et l'un des plus profonds penseurs parmi les patriarches bouddhistes, fut Ashvaghosha, qui vécut au Ier siècle de notre ère. Il énonça les principes fondamentaux du bouddhisme Mahayana, en particulier ceux relatifs à la notion bouddhiste de la réalité dans un petit livre appelé « l'Éveil de la foi ». Ce texte extrêmement lucide et beau, rappelant par beaucoup d'aspects la Bhagavad-Gita, constitue le premier traité représentatif de la doctrine Mahayana et est devenu la principale autorité pour toutes les écoles bouddhistes et Mahayana.

Ashvaghosha a probablement exercé une forte influence sur Nagarjuna, le philosophe Mahayana le plus intellectuel, qui a utilisé une dialectique hautement sophistiquée afin de montrer les limites de tous les concepts de la réalité. A l'aide de brillants arguments, il démolit toutes les propositions métaphysiques de son époque, démontrant ainsi que la réalité, en dernière instance, ne peut être saisie au moyen de concepts ou d'idées. Dès lors, il la baptisa *sunyata,* vacuité, ou vide, un terme équivalent au *tathata* d'Ashvaghosha, ou « réalité telle qu'elle est ». Lorsque est reconnue la vanité de toute pensée conceptuelle, la réalité est expérimentée purement telle qu'elle est.

L'assertion de Nagarjuna, selon laquelle la nature essentielle de la réalité est le vide, est donc loin d'être l'affirmation nihiliste que l'on croit souvent discerner. Elle signifie tout simplement que toutes les idées générales sur la réalité formées par l'esprit humain sont en fin de compte vaines. La réalité, ou le vide, n'est pas en soi un état de simple néant, mais la source véritable de toute vie et l'essence de toute forme.

Les conceptions du bouddhisme Mahayana présentées jusqu'ici en reflètent l'aspect spéculatif. Cela, cependant, n'est qu'un aspect du bouddhisme. Son complément est la conscience religieuse bouddhiste engageant la foi, l'amour et la compassion. Dans le Mahayana, la véritable sagesse illuminée (*bodhi*) est composée de deux éléments, que D. T. Suzuki a

nommés les « deux piliers soutenant le grand édifice du bouddhisme ». Il s'agit de *prajna,* la sagesse transcendantale ou l'intelligence intuitive, et *karuna,* l'amour ou la compassion.

Ainsi la nature essentielle de toutes choses est-elle décrite dans le bouddhisme Mahayana non seulement en termes métaphysiques abstraits « réalité telle qu'elle est » et « vide », mais aussi par le terme Dharmakaya, le « corps de l'être », décrivant la réalité telle qu'elle apparaît à la conscience religieuse bouddhiste. Le Dharmakaya est semblable au Brahman de l'hindouisme. Il anime tous les phénomènes de l'univers et se reflète également dans l'esprit humain en tant que *bodhi,* sagesse illuminée. Il est donc spirituel et matériel à la fois.

L'accent mis sur l'amour et la compassion comme éléments essentiels de la sagesse a trouvé sa plus forte expression dans l'idéal du bodhisattva, l'un des développements caractéristiques du bouddhisme Mahayana. Un bodhisattva est un être humain hautement évolué, sur le point de devenir un Bouddha, qui n'est pas en quête de l'illumination pour lui seul, mais a fait le vœu d'aider tous les êtres vivants à atteindre l'état de Bouddha avant d'entrer dans le *nirvana.* L'origine de cette notion réside dans la décision du Bouddha — présentée dans la tradition bouddhiste comme une décision consciente et difficile — de ne pas simplement entrer dans le *nirvana,* mais de retourner dans le monde afin d'indiquer la voie de l'éveil à ses compagnons humains. L'idéal du bodhisattva est également en accord avec la doctrine bouddhiste de l'absence d'*ego,* car s'il n'y a pas de moi individuel distinct, l'idée d'un individu pénétrant seul dans le *nirvana* a manifestement peu de sens.

L'élément de foi, finalement, est souligné dans l'« école de la Terre pure » du bouddhisme Mahayana. La notion fondamentale de cette école est la doctrine bouddhiste selon laquelle la nature originelle de tout être humain est celle du Bouddha, et elle soutient qu'en vue d'entrer dans le *nirvana,* ou « Terre pure », il suffit d'avoir foi dans sa propre nature bouddhique primordiale.

Le sommet de la pensée bouddhiste a été atteint, selon plusieurs auteurs, par l'école Avatamsaka reposant sur le sutra du même nom. Ce sutra est considéré comme le cœur du bouddhisme Mahayana et loué par Suzuki dans les termes les plus enthousiastes :

« Quant au sutra Avatamsaka, c'est réellement le couronnement de la pensée bouddhiste, du sentiment bouddhiste et de

l'expérience bouddhiste. A mon avis, aucune littérature religieuse dans le monde ne saurait jamais égaler la grandeur de la conception, la profondeur du sentiment et l'ampleur de la composition atteints dans ce sutra. C'est l'éternelle fontaine de vie d'où aucun esprit religieux ne reviendra assoiffé ou seulement à moitié satisfait[1]. »

Ce fut ce sutra qui stimula la pensée chinoise et japonaise plus que toute autre chose lorsque le bouddhisme Mahayana se répandit à travers l'Asie. Le contraste entre Chinois et Japonais, d'une part, et Indiens, d'autre part, est si grand qu'on a dit qu'ils représentaient deux pôles de l'esprit humain. Alors que les premiers sont pratiques, pragmatiques et sociables, les seconds sont imaginatifs, métaphysiques et transcendantaux. Lorsque les philosophes chinois et japonais commencèrent à traduire et à interpréter l'Avatamsaka, l'un des plus grands textes produits par le génie religieux indien, les deux extrêmes fusionnèrent pour former une nouvelle unité dynamique et le résultat fut la philosophie Hua-yen en Chine et Kegon au Japon, qui constituent, selon Suzuki, l'« apogée de la pensée bouddhiste développée en Extrême-Orient pendant les deux derniers millénaires[2] ».

Le thème central de l'Avatamsaka est l'unité et l'interdépendance de tous les phénomènes ; une conception qui n'est pas seulement l'essence véritable de la conception orientale du monde, mais aussi l'un des éléments de base de la conception du monde émergeant de la physique moderne.

1. D. T. Suzuki, *Sur le bouddhisme Mahayana indien (On Indian Mahayana Buddhism)*, p. 122.
2. D. T. Suzuki, *L'Essence du bouddhisme (The Essence of Buddhism)*, p. 54.

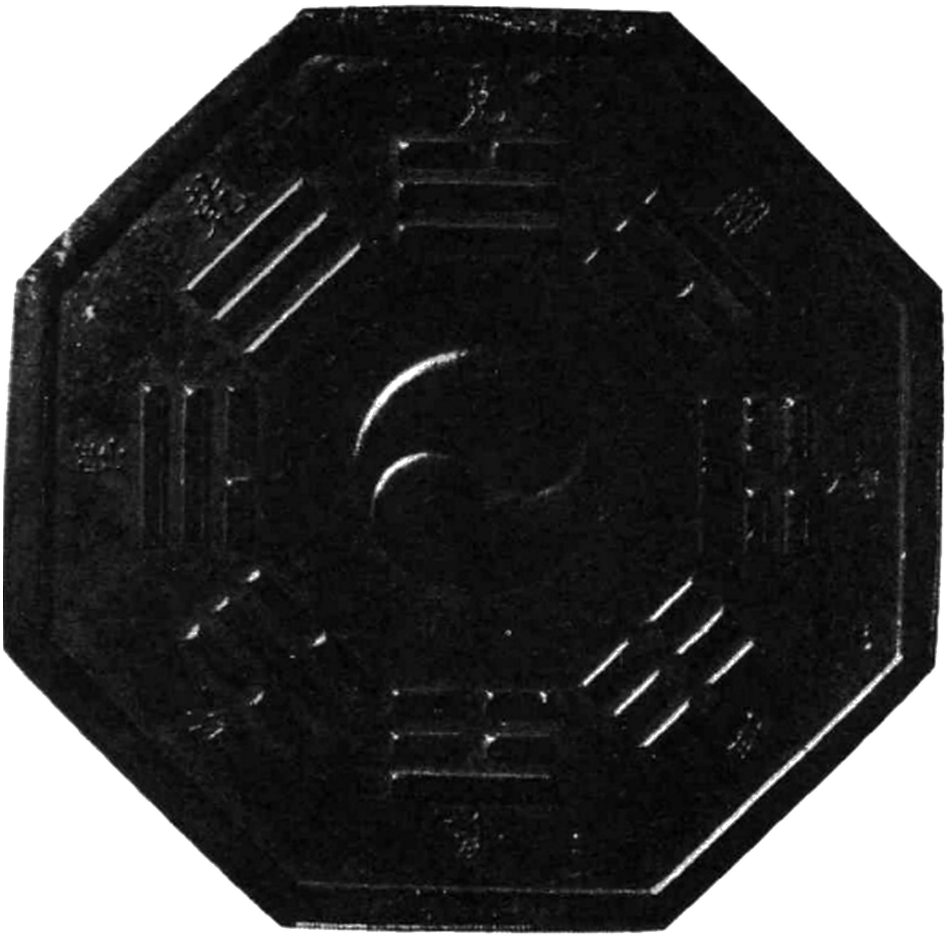
7
La pensée chinoise

Lorsque le bouddhisme pénétra en Chine, aux alentours du Ier siècle de notre ère, il fut confronté à une culture vieille de plus de deux mille ans. Dans cette antique culture, la pensée philosophique avait atteint son apogée durant la fin de la période Chou (500-221 avant notre ère), l'âge d'or de la philosophie chinoise, et depuis lors elle avait toujours été tenue en très haute estime.

Cette philosophie présenta depuis le début deux aspects complémentaires. Les Chinois étant des gens pratiques avec une conscience sociale développée, toutes leurs écoles philosophiques se préoccupaient d'une façon ou d'une autre de la vie en société, des relations humaines, des valeurs morales et du gouvernement. Cela, cependant, n'est qu'un aspect de la pensée chinoise. Complémentairement, correspondant au côté mystique du caractère chinois, se manifestait une exigence de transcendance des réalités sociales quotidiennes, le besoin d'atteindre un niveau plus élevé de conscience. C'est le niveau du sage, l'idéal chinois de l'homme éclairé qui a réalisé l'union mystique avec l'univers.

Le sage chinois, cependant, ne demeure pas exclusivement à ce niveau spirituel élevé, il s'occupe également des affaires du monde. Il unifie en lui-même les deux aspects complémentaires de la nature humaine — sagesse intuitive et connaissance pratique, contemplation et action sociale — que les Chinois ont associés aux images du sage et du roi. Les êtres humains pleinement réalisés, selon Tchouang-tseu, *par leur immobilité deviennent des sages, par leur mouvement des rois*[1].

1. Tchouang-tseu, trad. James Legge, chap. XIII.



Tampon encreur par Ch'eng Choung-fang, VII^e siècle.

Au VI^e siècle avant notre ère, les deux aspects de la philosophie chinoise se sont développés en deux écoles philosophiques distinctes, le confucianisme et le taoïsme. Le confucianisme était la philosophie de l'organisation sociale, du sens commun et de la connaissance pratique. Il nantit la société chinoise d'un système d'éducation et de conventions strictes de conduite sociale. L'un de ses objectifs principaux fut d'établir une base éthique du système familial traditionnel chinois, avec sa structure complexe et ses rites de culte des ancêtres. Le taoïsme, en revanche, s'occupa essentiellement de l'observation de la nature et de la découverte de la Voie ou Tao. Le bonheur humain, selon les taoïstes, est réalisé lorsque les hommes suivent l'ordre naturel, agissant spontanément et faisant confiance à leur connaissance intuitive.

Ces deux orientations de pensée représentent deux pôles opposés dans la philosophie chinoise, mais elles furent toujours considérées en Chine comme les pôles d'une seule et même nature humaine, et donc comme complémentaires. Le confucianisme fut généralement mis en valeur dans l'éducation des enfants qui devaient apprendre les règles et les conventions nécessaires à la vie sociale, tandis que le taoïsme était adopté par les gens plus âgés afin de retrouver et de développer la spontanéité originelle détruite par les conventions sociales. Aux XI^e et XII^e siècles, l'école néo-confuciste ébaucha une synthèse du confucianisme, du bouddhisme et du taoïsme, qui aboutit à la philosophie de Chu Hsi, l'un des plus grands penseurs chinois. Chu Hsi fut un philosophe éminent qui combina la doctrine confucéenne à une profonde compréhension du bouddhisme et du taoïsme, et incorpora des éléments des trois traditions à sa synthèse philosophique.

Le confucianisme tire son nom de K'ong fou-tseu ou Confucius, un maître très influent qui considérait que sa tâche principale consistait à transmettre l'ancien héritage culturel à ses disciples. Ce faisant, toutefois, il alla au-delà d'une simple transmission de la connaissance, car il interpréta les idées traditionnelles selon ses propres concepts moraux. Son enseignement se fondait sur ce que l'on appelle les Six Classiques, anciens livres traitant de philosophie, rites, poésie, musique et histoire, représentant l'héritage spirituel et culturel des « saints sages » de la Chine ancienne. La tradition chinoise a associé Confucius à toutes ces œuvres, comme auteur, commentateur ou rédacteur, mais, selon la critique moderne des textes, il ne fut ni l'auteur, ni le commentateur, ni même le rédacteur d'aucun de ces classiques. Ses propres idées furent connues à travers le *Lun Yü,* ou les « analectes confucéens »,

une série d'aphorismes recueillis par quelques-uns de ses disciples.

Le représentant le plus éminent du taoïsme fut Lao Tseu, dont le nom signifie littéralement « Vieux Maître », qui fut, selon la tradition, un contemporain plus âgé de Confucius. Il serait l'auteur d'un recueil d'aphorismes considéré comme le principal écrit taoïste. En Chine, cet ouvrage est en général simplement nommé le *Lao-tseu* alors qu'en Occident il est connu communément comme le *Tao Te King,* le « Classique de la Voie et du Pouvoir », nom qui lui fut attribué ultérieurement. J'ai déjà mentionné le style paradoxal et le langage puissant et poétique de ce livre que Joseph Needham considère être « sans exception aucune le plus profond et le plus beau livre de la langue chinoise[1] ».

Le second livre taoïste important est le *Tchouang-tseu,* un livre beaucoup plus volumineux que le *Tao Te King,* dont l'auteur, Tchouang-tseu, aurait vécu environ deux siècles après Lao-tseu. Selon la critique moderne, toutefois, le *Tchouang-tseu,* et probablement aussi le *Lao-tseu,* ne peuvent être considérés comme l'œuvre d'un auteur, mais constituent plutôt une série d'écrits taoïstes recueillis par différents auteurs à différentes époques.

Les analectes confucéens et le *Tao Te King* furent tous deux rédigés dans le style concis et évocateur qui est typique de la manière de penser chinoise. L'esprit chinois n'était pas enclin à la pensée logique abstraite et développa un langage très différent de celui élaboré en Occident. Beaucoup de ses termes peuvent être utilisés comme substantifs, adjectifs ou verbes, et leur enchaînement est déterminé non tant par les règles grammaticales que par le contenu émotif de la phrase. Le mot chinois classique est très différent d'un signe abstrait représentant un concept clairement délimité. Il s'agit plutôt d'un symbole sonore, doté d'un fort pouvoir suggestif, évoquant une quantité indéterminée d'images et d'émotions picturales. Le locuteur ne cherchait pas tant à exprimer une idée intellectuelle qu'à émouvoir et influencer son auditeur. De la même façon, le caractère écrit n'est pas seulement un signe abstrait, mais un modèle organique, une « forme » préservant la complexité des images et le pouvoir suggestif du mot.

Les philosophes chinois s'exprimaient en un langage tellement adapté à leur manière de penser que leurs écrits et leurs paroles pouvaient être brefs et dépourvus d'articula-

1. J. Needham, *Science et civilisation en Chine (Science and Civilisation in China),* vol. II, p. 35.

tions, et cependant riches en images suggestives. Il est clair qu'une grande partie de ce style imagé ne peut être rendue dans la traduction occidentale. La traduction d'une phrase du *Tao Te King,* par exemple, ne peut donner qu'une petite idée de la richesse de l'ensemble des idées contenues dans l'original, c'est pourquoi les différentes traductions de ce livre controversé semblent souvent être des textes totalement différents. Comme l'a dit Fung Yu-Lan, « il faudrait rassembler toutes les traductions déjà faites, et beaucoup d'autres pas encore faites, pour révéler la richesse de Lao-tseu et des analectes confucéens dans leur version originale[1] ».

Comme les Indiens, les Chinois croyaient qu'il existe une réalité ultime sous-jacente aux multiples phénomènes observables :

Il y a trois termes : « achevé », « global » et « totalité ». Ces termes sont différents, mais la réalité visée est la même : il s'agit de l'Être Un[2].

Ils nommèrent cette réalité Tao, signifiant « la Voie ». C'est le chemin, ou processus, de l'univers, l'ordre de la nature. Ultérieurement, les confucianistes en donnèrent une nouvelle interprétation. Ils parlèrent du Tao de l'homme, ou du Tao de la société, et l'entendirent au sens moral de comportement juste.

Dans son sens cosmique originel, le Tao est l'ultime, indéfinissable réalité et, en tant que tel, équivaut au Brahman hindouiste et au Dharmakaya bouddhiste. Il diffère toutefois de ces concepts indiens par sa propriété dynamique intrinsèque qui, dans la conception chinoise, est l'essence de l'univers. Le Tao est le processus universel dans lequel toutes choses sont engagées ; le monde est perçu comme un flux et une transformation continuels.

Avec sa doctrine de la non-permanence, le bouddhisme indien eut une conception presque similaire, mais il considéra cette manière de voir comme un principe fondamental de la situation humaine, et en déduisit les implications psychologiques. Les Chinois, en revanche, ne croyaient pas seulement que le flux et le changement étaient les traits essentiels de la nature, mais aussi qu'il y a dans ces changements des modèles constants, observables par l'homme. Le sage reconnaît ces modèles et dirige son action selon eux. En ce sens, il fait un avec le Tao, vivant en harmonie avec la nature et réussissant dans chaque chose qu'il entreprend.

1. Fung Yu-lan, *Histoire abrégée de la philosophie chinoise (A short History of Chinese Philosophy),* p. 14.
2. *Tchouang-tseu,* chap. XXII.

Selon les termes de Huai Nan-tseu, un philosophe du IIe siècle avant notre ère :

Celui qui se conforme au Tao, suivant les processus naturels du Ciel et de la Terre, peut facilement diriger le monde entier[1].

Quels sont donc les modèles de la Voie cosmique que l'être humain doit reconnaître ? La caractéristique principale du Tao est la nature cyclique de son mouvement et de sa transformation incessants. *Le retour est le mouvement du Tao,* dit Lao-tseu, et *l'éloignement implique le retour*[2]. L'idée est que tous les développements dans la nature, tant ceux du monde physique que des situations humaines, révèlent les modèles cycliques de va-et-vient, d'expansion et de contraction. Cette notion fut sans doute déduite des mouvements du soleil et de la lune et du changement des saisons, mais aussi conçue comme règle de vie. Les Chinois croient que, chaque fois qu'une situation se développe jusqu'à son extrême, elle est obligée de se retourner et de se transformer en son contraire. Cette croyance initiale leur a donné courage et persévérance dans les périodes de détresse et les a rendus prudents et modestes dans les périodes fastes. Cela a conduit à la doctrine du juste milieu à laquelle adhèrent taoïstes et confucianistes. *Le sage,* dit Lao-tseu, *évite les excès, la prodigalité et la complaisance*[3].

Selon la conception chinoise, mieux vaut avoir trop peu que trop, et il est préférable de laisser les choses inachevées que de les outrer ; quoiqu'on ne puisse aller très loin de cette façon, on est au moins certain d'aller dans la direction juste. Exactement comme l'homme qui veut aller de plus en plus à l'est se retrouvera à l'ouest, ceux qui accumulent de plus en plus d'argent afin d'accroître leur richesse se retrouvent pauvres. La société industrielle moderne, qui essaie continuellement d'accroître le « niveau de vie », et qui de ce fait amoindrit la qualité de la vie pour tous ses membres, fournit une illustration éloquente de cette ancienne sagesse chinoise.

On donna une structure déterminée à la notion de modèles cycliques dans le mouvement du Tao par l'introduction des pôles opposés *yin* et *yang.* Ils sont les deux pôles assignant des limites aux cycles du changement :

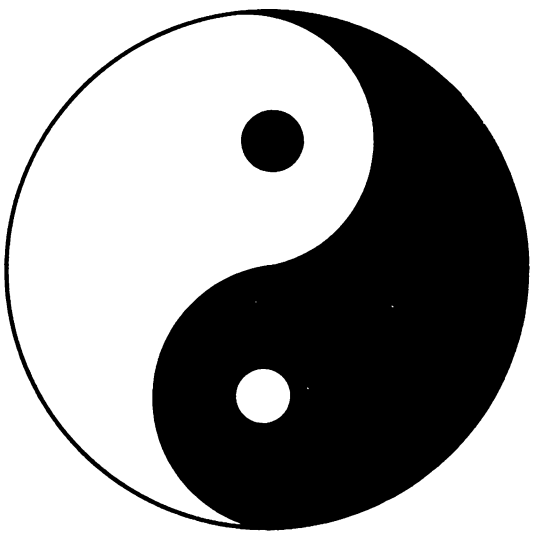
Lorsque le yang *atteint son apogée, il laisse place au* yin ; *le* yin *ayant atteint son apogée laisse place au* yang[4].

1. Cité par J. Needham, *op. cit.,* vol. II, p. 51.
2. Lao-tseu, *Tao-tö king,* trad. Ch'u Ta-kao, chap. XL et XXV.
3. *Ibid.,* chap. XXIX.
4. Wang Ch'ung, *A. D. 80,* cité par J. Needham, *op. cit.,* vol. IV, p. 7.

Dans la conception chinoise, toutes les manifestations du Tao sont engendrées par l'effet réciproque dynamique de ces deux forces polaires. L'idée est très ancienne et de nombreuses générations ont étudié ce symbolisme du couple archétypal *yin/yang* jusqu'à ce qu'il devienne le concept fondamental de la pensée chinoise. Le sens original des termes *yin* et *yang* était celui de versants sombre et ensoleillé d'une montagne — acception donnant une juste idée de l'interdépendance des deux concepts :

Ce qui fait apparaître tantôt l'obscurité, tantôt la lumière, c'est le Tao[1].

Depuis les temps les plus reculés, les deux pôles archétypaux de la nature furent conçus non seulement comme lumineux et sombre, mais également masculin et féminin, dur et doux, au-dessus et au-dessous. *Yang,* le pouvoir fort, masculin, créateur, fut associé au Ciel, tandis que *yin,* l'élément sombre, réceptif, féminin et maternel, était représenté par la Terre. Le Ciel est au-dessus, mouvant, la Terre — dans la vieille conception géocentrique — est en dessous et au repos. Ainsi *yang* en vint-il à symboliser le mouvement, et *yin* le repos. Sur le plan psychique, *yin* est la conscience féminine complexe et intuitive, *yang* l'intellect masculin, clair et rationnel. *Yin* est la tranquillité contemplative du sage, *yang* la forte action créatrice du roi.



1. R. Wilhelm, *Le Yi King ou Livre des changements (The I Ching or Book of Changes),* p. 297.

Le caractère dynamique du *yin* et du *yang* est illustré par l'ancien symbole chinois appelé *T'ai-chi T'u,* ou « diagramme du Principe suprême » (p. 109).

Ce diagramme est une disposition symétrique du *yin* sombre et du *yang* lumineux, mais la symétrie n'est pas statique. C'est une symétrie en rotation suggérant, avec beaucoup de force, un mouvement cyclique perpétuel :

Le yang *retourne cycliquement à ses débuts, le* yin *parvient à son maximum et laisse place au* yang [1].

Les deux points du diagramme symbolisent l'idée que, chaque fois que l'une des deux forces atteint son extrême, elle contient déjà en elle-même le germe de son opposé.

Le couple *yin/yang* est un leitmotiv dans la culture chinoise et détermine les traits caractéristiques du mode de vie traditionnel chinois ; *la vie,* dit Tchouang-tseu, *est le mélange harmonieux du* yin *et du* yang [2]. En tant que peuple de paysans, les Chinois ont toujours connu les mouvements du soleil et de la lune, et le changement des saisons. Ils considéraient donc les changements de saison et les phénomènes relatifs à la croissance et au déclin dans la nature organique, par exemple l'alternance de l'hiver froid et sombre et de l'été lumineux et chaud, comme la plus claire expression de l'interaction du *yin* et du *yang.* Le jeu saisonnier des deux opposés se manifeste également dans la nourriture que nous mangeons, contenant des éléments *yin* et *yang.* Un régime sain consiste, pour les Chinois, en un équilibre entre ces éléments *yin* et *yang.*

La médecine traditionnelle chinoise se fonde également sur l'équilibre du *yin* et du *yang* dans le corps humain, et considère toute maladie comme une rupture de cet équilibre. Le corps est partagé en éléments *yin* et *yang,* l'intérieur est *yang,* l'épiderme est *yin ;* le dos est *yang,* le devant est *yin ;* le corps contient des organes *yin* et *yang.* L'équilibre entre *toutes ses parties est maintenu par un flux continuel de ch'i,* ou énergie vitale, le long d'un système de « méridiens » où se logent les points d'acupuncture. Chaque organe possède un méridien qui lui est associé d'une façon telle que les méridiens *yang* appartiennent aux organes *yin* et vice versa. Chaque fois que le flux entre le *yin* et le *yang* est bloqué, le corps tombe malade, et la maladie est guérie en plantant des aiguilles dans les points d'acupuncture afin de stimuler et rétablir le courant de *ch'i.*

1. Kuei Ku Tzu, IV° siècle av. J.-C., cité par J. Needham, *op. cit.,* vol. IV, p. 6.
2. *Tchouang-tseu,* chap. XXII.

L'équilibre dynamique du *yin et du yang,* le couple primordial des opposés, apparaît ainsi comme le principe guidant tous les mouvements du Tao, mais les Chinois ne s'arrêtèrent pas là. Ils continuèrent à étudier les diverses combinaisons du *yin* et du *yang,* qu'ils développèrent en un système d'archétypes cosmiques. Ce système est élaboré dans le *Yi king,* ou « Livre des changements ». Le livre des changements est le premier des Six Classiques de Confucius et doit être considéré comme une œuvre située au cœur même de la pensée et de la culture chinoises. L'autorité et l'estime dont il a joui en Chine durant des milliers d'années ne peuvent être comparées qu'à celles qui entourent des Écritures sacrées telles que les Veda ou la Bible, dans d'autres cultures. L'illustre sinologue Richard Wilhelm commence ainsi l'introduction à sa traduction du livre :

« Le Livre des changements, *Yi king* en chinois, est indiscutablement l'un des ouvrages les plus importants dans le monde de la littérature. Ses origines remontent à l'antiquité mythique et il a attiré l'attention des plus éminents érudits de la Chine jusqu'à ce jour. Presque tout ce qu'il y a de grand et de chargé de sens durant les trois mille ans de l'histoire culturelle chinoise émane de ce livre, ou a exercé une influence sur l'interprétation de son texte. On peut donc dire qu'une sagesse mûrie pendant des milliers d'années est entrée dans la composition du *Yi king.*[1] »

Le Livre des changements est ainsi une œuvre qui s'est développée organiquement au cours de milliers d'années, composée de strates correspondant aux importantes périodes de la pensée chinoise. A l'origine, le livre était un recueil de soixante-quatre figures, ou « hexagrammes », du type ci-dessus, fondées sur la symbolique *yin yang* et utilisées comme oracles. Chaque hexagramme est constitué de six traits qui peuvent être discontinus *(yin)* ou continus *(yang),* l'ensemble des soixante-quatre hexagrammes constituant tou-

1. R. Wilhelm, *op. cit.*, p. XIV.

tes les combinaisons possibles. Ces hexagrammes, qui seront analysés plus en détail ultérieurement, étaient considérés comme des archétypes représentant les figures du Tao dans la nature et dans les situations humaines. A chacun d'entre eux était attribué un nom et joint un texte bref, nommé le « jugement », afin d'indiquer le cours de l'action approprié au cas cosmique en question. L'« image » est un autre texte bref, ajouté par la suite, commentant la signification de l'hexagramme en quelques lignes, souvent très poétiques. Un troisième texte donne une interprétation de chacune des six lignes de l'hexagramme en un langage très imagé et souvent difficile à comprendre.

Ces trois catégories de textes utilisés pour la divination forment l'infrastructure du livre. Un rituel minutieux comportant le recours à une poignée de cinquante tiges d'achillée mille-feuilles était mis en œuvre afin de déterminer l'hexagramme correspondant à la situation personnelle du consultant. Il s'agissait de former un schéma cosmique de la situation repérable dans l'hexagramme et d'apprendre de l'oracle quel type de comportement adopter.

« Le Livre des changements contient des images révélatrices, des jugements y sont joints afin d'aider l'interprétation, chance ou mauvaise fortune sont déterminées en vue de la décision. [1] »

Le *Yi king* était ainsi consulté dans le dessein non tant de connaître le futur, mais plutôt de découvrir la conjoncture présente afin de prendre une décision juste. Cette attitude élève le *Yi king* au-dessus du niveau d'un ouvrage ordinaire de divination et en fait un livre de sagesse.

L'utilisation du *Yi king* comme livre de sagesse est en fait d'une bien plus grande portée que son usage divinatoire. Il a inspiré les grands esprits au cours des temps, dont Lao-tseu, qui tira de cette source quelques-uns de ses plus profonds aphorismes. Confucius l'étudia minutieusement, et la plupart des commentaires composant les strates ultérieures du texte font référence à son école. Ces commentaires combinent l'interprétation structurale des hexagrammes avec les explications philosophiques. L'accent sur l'aspect dynamique de tous les phénomènes est au centre des commentaires confucéens, comme de tout le *Yi king.*

L'incessante transformation de toutes choses et de toutes situations, tel est le message essentiel du Livre des changements :

1. *Ibid.*, p. 321.

« Le *Yi king* est un livre auquel on ne peut échapper. Son Tao est éternel, changement, transformation. Incessamment mouvant, se propageant dans les six directions, montant et descendant sans loi fixe. *Yang* et *yin* se transforment l'un en l'autre. Ils ne peuvent être réduits à une règle. Seul le changement est à l'œuvre ici. [1] »

1. *Ibid.*, p. 348.

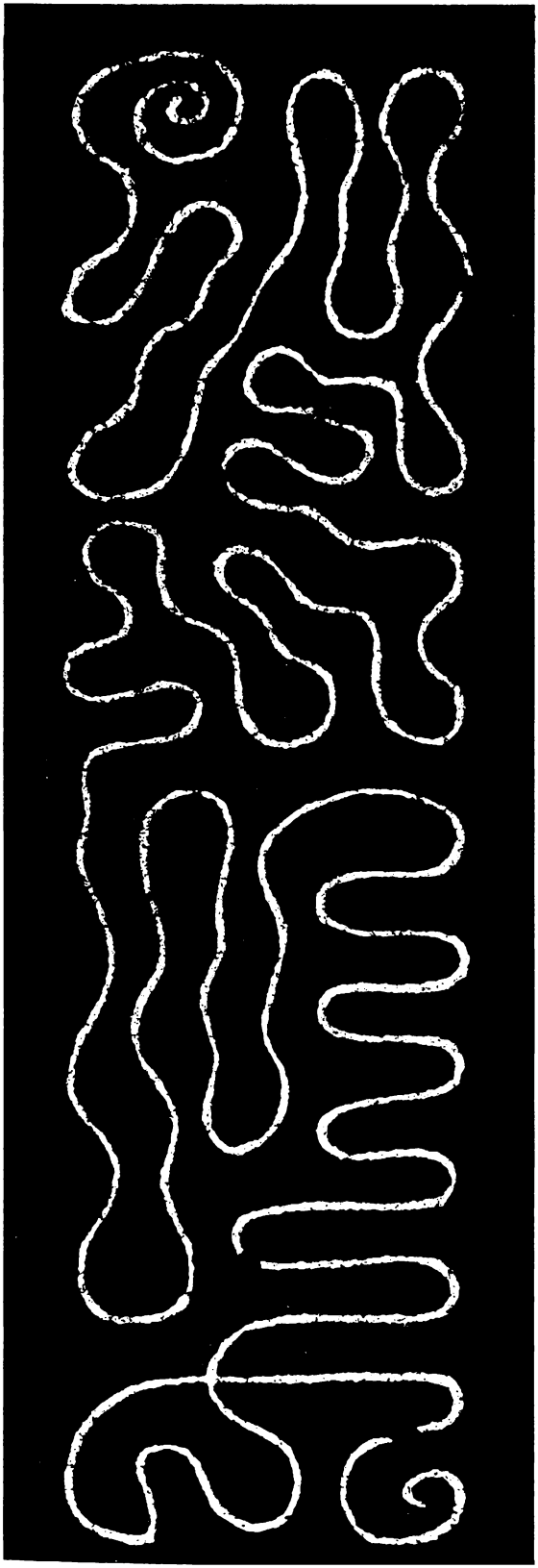


Diagramme magique
du Canon taoïste, dynastie Song.

8
Le taoïsme

Des deux principaux courants de la pensée chinoise, confucianisme et taoïsme, ce dernier, ayant une orientation mystique, relève davantage de notre comparaison avec la physique moderne. Comme l'hindouisme et le bouddhisme, le taoïsme s'occupe de la sagesse intuitive plutôt que de la connaissance rationnelle. Reconnaissant les limites et la relativité du domaine de la pensée rationnelle, le taoïsme est, fondamentalement, un moyen de se libérer de ce monde et, à cet égard, on peut le comparer aux voies du Yoga ou du Vedanta dans l'hindouisme, ou à l'Octuple Sentier du Bouddha. Dans le contexte de la culture chinoise, la libération taoïste signifie, plus spécifiquement, une libération des règles strictes de la convention.

La méfiance à l'égard du savoir et du raisonnement conventionnel est plus forte dans le taoïsme que dans n'importe quelle autre école de philosophie orientale. Elle se fonde sur la certitude que l'intelligence humaine ne peut comprendre le Tao. Selon les mots de Tchouang-tseu :

La connaissance la plus étendue ne le connaît pas nécessairement ; le raisonnement ne rendra pas les hommes plus savants à son propos. Les sages ont refusé l'une et l'autre de ces méthodes[1].

Le livre de Tchouang-tseu est rempli de passages reflétant le mépris taoïste à l'égard du raisonnement et de l'argumentation.

Un chien n'est pas estimé parce qu'il aboie bien, et un

1. *Tchouang-tseu,* chap. XXII.

homme n'est pas tenu pour sage parce qu'il parle habilement[1].
Et : *La discussion témoigne d'une vision confuse*[2].

Les taoïstes considéraient le raisonnement comme faisant partie du monde conventionnel de l'homme, de même que l'étiquette sociale et les normes morales. Ils ne s'intéressaient pas du tout à cet univers-là, mais concentraient totalement leur attention sur l'observation de la nature afin de percevoir les « caractéristiques » du Tao. Ils adoptèrent ainsi une attitude essentiellement scientifique, et c'est seulement leur profonde méfiance à l'égard de la méthode analytique qui les détourna d'élaborer des théories scientifiques exactes. Néanmoins, l'observation attentive de la nature, jointe à une puissante intuition mystique, conduisit les sages à des vues pénétrantes, confirmées par les théories scientifiques modernes.

L'une des plus importantes découvertes taoïstes fut la réalisation que la transformation et le changement sont les traits essentiels de la nature. Un passage de *Tchouang-tseu* démontre clairement comment fut perçue l'importance fondamentale du changement, en observant le monde organique :

Dans le changement et la croissance de toutes les choses, chaque trait caractéristique, même en bourgeon, a sa forme propre. En elle nous avons leur mûrissement progressif et leur déclin, le flux constant de la transformation et du changement[3].

Selon les taoïstes, tous les changements dans la nature sont des manifestations de la relation dynamique entre les pôles opposés *yin* et *yang*, ainsi en arrivèrent-ils à la conclusion que n'importe quel couple d'opposés forme une relation bipolaire où chacun des deux pôles est relié dynamiquement à l'autre. Il est fort difficile à un esprit occidental de saisir cette notion de l'unité implicite de toutes les contradictions. Il nous semble très paradoxal que des expériences et des valeurs que nous avons toujours crues opposées soient, en définitive, des aspects d'une même réalité fondamentale. En Orient, pourtant, il a toujours paru essentiel, afin de parvenir à l'illumination, d'aller « au-delà des oppositions terrestres[4] », et en Chine le rapport polaire de tous les opposés est à la racine même de la pensée taoïste. Ainsi Tchouang-tseu dit-il : *Le « ceci » est également « cela ». Le « cela » est égale-*

1. *Ibid.*, chap. XXIV.
2. *Ibid.*, chap. II.
3. *Ibid.*, chap. XIII.
4. Bhagavad-Gita, 2, 45.

ment « ceci ». Que « cela » et « ceci » cessent d'être des opposés est l'essence même du Tao. Cette essentielle non-dualité constitue le centre du cercle des changements infinis[1].

De l'idée que les mouvements du Tao sont une réaction continuelle entre des énergies opposées, les taoïstes déduisirent deux règles fondamentales concernant la conduite humaine. Chaque fois que vous voulez arriver à quelque chose, disent-ils, commencez tout d'abord par le contraire. Ainsi Lao-tseu :

L'expansion précède la contraction.
Renforce pour affaiblir.
Exalte pour éliminer.
Donne pour prendre.
Cela s'appelle subtile sagesse[2].

D'autre part, chaque fois que l'on veut conserver quelque chose, on doit admettre un tant soit peu son contraire :

Courbe-toi et tu demeureras droit.
Vide-toi et tu demeureras plein.
Use-toi et tu demeureras neuf[3].

Telle est la règle de vie du sage qui a atteint un point de vue plus élevé, une perspective d'où la relativité et le rapport polaire de tous les opposés sont clairement perçus. Ces opposés incluent les notions de bien et de mal, interdépendantes comme le *yin* et le *yang*. Reconnaissant la relativité du bien et du mal, et ainsi de toutes les conventions morales, le sage taoïste ne s'efforce pas d'atteindre le bien mais tente plutôt de maintenir un équilibre dynamique entre le bien et le mal. Tchouang-tseu est très clair sur ce point :

Suivre et honorer ce qui est juste et éviter le mauvais ou bien suivre et honorer ceux qui garantissent le gouvernement juste et n'avoir rien à faire avec ceux qui provoquent le désordre dénote une méconnaissance des principes du Ciel et de la Terre et des diverses qualités des choses. C'est comme suivre et honorer les cieux sans tenir compte de la terre ; suivre et honorer le yin *au mépris du* yang. *Il est clair qu'on ne peut suivre une telle démarche*[4].

1. Cité par Fung Yu-lan, *Histoire abrégée de la philosophie chinoise (A short History of Chinese philosophy)*, p. 112.
2. Lao-tseu, *Tao-tö king*, trad. Ch'u Ta-kao, chap. XXXVI.
3. *Ibid.*, chap. XXII.
4. *Tchouang-tseu, op. cit.*, chap. XVII.

Il est surprenant qu'à l'époque même où Lao-tseu et ses disciples développaient leur conception du monde, les traits essentiels de cette conception taoïste furent également enseignés en Grèce, par un homme dont nous ne connaissons les enseignements que partiellement et qui fut, et demeure, très souvent mal compris. Ce « taoïste » grec était Héraclite d'Éphèse.

Il n'eut pas seulement en commun avec Lao-tseu de mettre l'accent sur le changement continuel qu'il exprima en son célèbre aphorisme *tout passe*, mais aussi l'idée que tous les changements sont cycliques. Il compare l'ordre du monde à *un feu éternel, qui s'allume et s'éteint régulièrement*[1], image très proche en effet de l'idée chinoise du Tao se manifestant par la relation cyclique du *yin* et du *yang*.

Il est facile de voir comment la notion de changement comme interaction des contraires conduisit Héraclite, comme Lao-tseu, à la découverte que tous les opposés sont des pôles, et donc réunis. *Le chemin vers le haut et vers le bas est le même* disait le Grec. *Dieu est jour et nuit, hiver et été, guerre et paix, satiété et faim*[2]. Comme les taoïstes, il considérait n'importe quel couple d'opposés comme une unité et connaissait parfaitement la relativité de semblables notions. La formule, encore d'Héraclite, *les choses froides brûlent, elles gèlent quand elles sont chaudes, l'humide sèche, et l'aride devient humide*[3], nous rappelle fortement celle de Lao-tseu : *le facile devient difficile, la résonance harmonise le son, l'après suit l'avant*[4]. Il est étonnant que la grande parenté entre les conceptions du monde de ces deux sages du VI[e] siècle avant notre ère soit généralement méconnue. On établit souvent un rapport entre Héraclite et la physique moderne, mais il est rarement fait allusion à sa parenté avec le taoïsme. C'est pourtant ce rapprochement qui montre le mieux que sa vision du monde était celle d'un mystique et, à mon avis, établit dans une juste perspective le parallélisme entre ses idées et celles de la physique moderne.

Lorsque nous parlons de la notion taoïste de changement, il est important de noter que ce changement n'est pas conçu comme la conséquence d'une force quelconque mais qu'il est plutôt une tendance inhérente à toutes les choses et à toutes les situations. Les mouvements du Tao ne sont pas

1. Dans G. S. Kirk, *Héraclite — Les fragments cosmiques (Heraclitus — The Cosmic fragments)*, p. 307.
2. *Ibid.*, p. 105, 184.
3. *Ibid.*, p. 149.
4. Lao-tseu, *op. cit.*, chap. II.

contraints, mais adviennent naturellement et spontanément. La spontanéité est le principe de l'action du Tao, et puisque la conduite humaine devrait être modelée sur le cours du Tao, la spontanéité devrait être également la caractéristique de toutes les actions humaines. Agir en harmonie avec la nature signifie donc pour les taoïstes agir spontanément et selon sa véritable nature. Cela veut dire avoir confiance en sa propre intelligence intuitive, inhérente à l'esprit humain, de même que les lois du changement sont inhérentes à tout ce qui nous entoure.

Le sage taoïste agit selon sa sagesse intuitive, spontanément et en harmonie avec son environnement. Il n'a besoin ni de se contraindre, ni de contraindre quoi que ce soit autour de lui, mais simplement conforme ses actions aux mouvements du Tao.

Selon Huai Nan tseu, *ceux qui suivent l'ordre naturel suivent le cours du Tao*[1].

Une telle manière d'agir est nommée *wu-wei* dans la philosophie taoïste, terme signifiant littéralement « non-agir » et que Joseph Needham traduit par « s'abstenir d'activité contraire à la nature », justifiant cette interprétation par une citation de Tchouang-tseu :

Non-agir ne signifie pas ne rien faire et se taire. Permettez à chaque chose d'être ce qu'elle est à l'origine de telle sorte que sa nature se réalise[2].

Si l'on se retient d'agir contre sa nature ou, comme le dit Needham, d'aller contre l'origine des choses, on est en harmonie avec le Tao et, par conséquent, nos propres actions réussiront. Telle est la signification des mots apparemment si énigmatiques de Lao-tseu, *par le non-agir il n'y a rien qui ne se fasse*[3].

L'opposition du *yin* et du *yang* n'est pas seulement un principe de base de toute la culture chinoise, elle se reflète également dans les deux tendances dominantes de la pensée chinoise. Le confucianisme était rationnel, masculin, actif et dominateur. Le taoïsme, en revanche, mettait l'accent sur tout ce qui était intuitif, féminin, mystique et souple.

Ne pas savoir que l'on sait, voilà l'excellence, dit Lao-tseu, et *le sage adopte la technique du non-agir et pratique l'enseignement sans parole*[4]. Les taoïstes croyaient que déployer les

1. Cité par J. Needham, *Science et civilisation en Chine (Science and Civilisation in China)*, vol. II, p. 88.
2. *Ibid.*, p. 68-69.
3. Lao-tseu, *op. cit.*, chap. XLVIII.
4. Lao-tseu, *op. cit.*, chap. XVI.

qualités de souplesse de la nature humaine était la façon la plus simple de mener une vie parfaitement équilibrée, en harmonie avec le Tao. Leur idéal est bien résumé dans un passage de Tchouang-tseu décrivant une sorte de paradis taoïste :

Les hommes de l'ancien temps, avant le Chaos, partageaient la sérénité de l'univers entier. A cette époque, le yin *et le* yang *étaient harmonieux et tranquilles ; repos et mouvement alternaient sans heurt ; les quatre saisons étaient spécifiées ; il n'était fait de tort à aucune chose, et aucun être vivant n'était mené à une fin prématurée. Les hommes, bien que doués de la faculté de connaître, n'avaient point l'occasion de l'exercer. Cela était ce qu'on nomme l'état d'unité totale. En ce temps-là il n'y avait pas d'action de la part de quiconque — mais une manifestation constante de la spontanéité* [1].

1. *Tchouang-tseu,* chap. XVI.

9
Le Zen

Lorsque la mentalité chinoise entra en contact avec la pensée indienne sous la forme du bouddhisme, aux alentours du Ier siècle de notre ère, deux développements parallèles se produisirent. D'une part, la traduction des sutra bouddhiques stimula les penseurs chinois et les conduisit à interpréter les enseignements du Bouddha indien à la lumière de leurs propres philosophies. Ainsi se produisit un échange considérablement fructueux d'idées qui culmina, dans l'école Hua-yen (en sanskrit : Avatamsaka) du bouddhisme en Chine et dans l'école Kegon au Japon.

D'autre part, avec son côté pragmatique, la mentalité chinoise répondit à l'impact du bouddhisme indien en portant son attention sur les aspects pratiques et en les exposant sous la forme d'une discipline spirituelle particulière qui fut nommée *Ch'an*, du sanskrit *dhyana*, un mot habituellement traduit par méditation, concentration. Cette philosophie *Ch'an* fut par la suite adoptée par le Japon, aux alentours du XIIIe siècle, et y a été pratiquée, sous le nom de Zen, jusqu'à nos jours.

Le Zen est donc un mélange unique des philosophies et particularités de trois cultures différentes. C'est un style de vie typiquement japonais, et cependant il reflète le mysticisme de l'Inde, l'amour taoïste du naturel et de la spontanéité, et le pragmatisme accompli de l'esprit confucéen.

En dépit de son caractère un tant soit peu particulier, le Zen est purement bouddhiste en son essence, car son but ne diffère pas de celui de Bouddha lui-même : la connaissance de l'« illumination », expérience connue sous le nom de *satori*. L'expérience de l'illumination est l'essence de toutes les écoles de philosophie orientale, mais le Zen est unique en

Calligraphie de Ryokwan, XVIII^e siècle.

ce qu'il se concentre exclusivement sur l'expérience et ne se préoccupe pas d'interprétation. Selon les termes de Suzuki, le Zen est la discipline dans l'illumination. Du point de vue du Zen, l'éveil du Bouddha et son enseignement selon lequel chacun est en mesure de parvenir à cet éveil forment l'essence du bouddhisme. Le reste de la doctrine, tel qu'il est exposé dans les volumineux sutras, est considéré comme secondaire.

L'expérience du Zen est ainsi l'expérience du *satori*, et puisque cette expérience, en dernière instance, transcende toutes les catégories de pensée, le Zen ne s'intéresse à aucune abstraction ou conceptualisation. Il n'a pas de doctrine ou de philosophie particulière, pas de croyances ou de dogmes formels, et il affirme que cette liberté à l'égard de toute croyance conventionnelle le rend véritablement spirituel.

Plus qu'aucune autre école de spiritualité orientale, le Zen est convaincu que les mots ne peuvent jamais rendre compte de la vérité fondamentale. Il doit avoir hérité cette conviction du taoïsme, qui montre la même attitude intransigeante. *Si quelqu'un s'enquiert du Tao et qu'un autre lui répond,* dit Tchouang-tseu, *ni l'un ni l'autre ne le connaît*[1].

Toutefois, l'expérience du Zen peut être transmise de maître à disciple et est, de fait, transmise depuis des siècles par des méthodes spéciales, propres au Zen. Dans un résumé classique de quatre lignes, le Zen est ainsi décrit :

Une transmission particulière en dehors des Écritures,
Ne reposant ni sur les mots ni sur les lettres,
Se tournant directement vers l'esprit humain
Pénétrer sa nature, et accéder à l'état de Bouddha.

Cette technique qui consiste à « aller droit au but » constitue la saveur propre au Zen. Elle est typique de l'esprit japonais, plus intuitif que conceptuel, et qui aime à livrer les faits tels quels sans beaucoup de commentaires. Les maîtres Zen n'étaient guère habitués aux discours et dédaignaient toutes théorisations et spéculations. Ils développèrent donc des méthodes visant directement à la vérité, par des actions ou paroles rapides et spontanées, révélant les paradoxes de la pensée conceptuelle, tels les *koan* auxquels j'ai déjà fait allusion, destinés à mettre un terme aux processus mentaux afin de préparer l'étudiant à l'expérience mystique.

Voici, par les exemples suivants de conversations brèves entre maître et disciple, une bonne illustration de cette technique. Dans ces anecdoctes, qui composent la majeure partie

1. *Tchouang-tseu*, chap. XXII.

de la littérature Zen, les maîtres parlent le moins possible et se servent des mots afin de porter l'attention des disciples des pensées abstraites vers la réalité concrète.

Un moine voulant être instruit, dit à Bodhidharma :

— Je n'ai pas la paix de l'esprit, pacifiez, je vous en conjure, mon esprit.

— Apporte ton esprit ici devant moi, répliqua Bodhidharma, et je le pacifierai !

— Mais lorsque je le cherche, je ne le trouve pas.

— Ça y est ! rétorqua Bodhidharma, j'ai pacifié ton esprit[1].

Un moine dit à Joshu : « Je viens juste d'entrer dans le monastère. S'il vous plaît, instruisez-moi, enseignez-moi, je vous en conjure ! »

Joshu demanda : « As-tu mangé ta soupe de riz ? »

Le moine répondit : « J'ai mangé. »

Joshu dit : « En ce cas, va laver ton bol[2]*. »*

Ces dialogues révèlent un autre aspect caractéristique du Zen. L'illumination ne signifie pas un retrait du monde mais veut dire, au contraire, une participation active aux affaires quotidiennes. Ce point de vue séduisit la mentalité chinoise qui attachait une grande importance à une vie pratique et productive et à une préservation de la famille, et ne pouvait accepter le caractère monastique du bouddhisme indien. Les maîtres chinois soulignent toujours que *Ch'an*, ou Zen, est notre expérience quotidienne, la « conscience ordinaire », comme le déclarait Ma-tseu. Leur accent portait sur l'éveil au sein des actions quotidiennes. Ils concevaient la vie quotidienne non seulement comme la voie vers l'éveil, mais comme l'éveil même.

Dans le Zen, *satori* signifie l'expérience immédiate de la nature de Bouddha en toutes choses. Parmi ces choses, il y a les objets, les affaires et les gens impliqués dans la vie quotidienne, si bien que portant l'accent sur les pratiques de la vie, le Zen est néanmoins profondément mystique. Vivant entièrement au présent et prêtant toute l'attention aux affaires quotidiennes, celui qui a atteint le *satori* expérimente le prodige et le mystère de la vie dans chaque acte :

> *Combien étonnant ceci, combien mystérieux !*
> *Je porte du bois, je puise de l'eau*[3].

1. Dans A. W. Watts, *Le Bouddhisme Zen (The Way of Zen)*, p. 87.
2. Dans P. Reps, *Chair Zen, Os Zen (Zen Flesh, Zen Bones)*, p. 96.
3. Dans D. T. Suzuki, *Zen et culture japonaise (Zen and Japanese Culture)*, p. 16.

La perfection du Zen est ainsi de vivre sa propre vie quotidienne naturellement et spontanément. Lorsqu'il fut demandé à Po-chang de définir le Zen, il dit : *Quand j'ai faim, je mange ; quand je suis fatigué, je dors.* Bien que ceci paraisse simple et évident, comme si souvent dans le Zen, c'est en fait une tâche tout à fait ardue. Retrouver la simplicité de notre nature originelle exige un long entraînement et constitue une grande réalisation spirituelle :

Avant d'étudier le Zen, les montagnes sont des montagnes et les rivières des rivières ; pendant que vous étudiez le Zen, les montagnes ne sont plus des montagnes, ni les rivières des rivières ; mais dès que vous avez atteint l'éveil, les montagnes sont à nouveau des montagnes et les rivières des rivières[1].

L'accent mis, dans le Zen, sur la simplicité naturelle et la spontanéité révèle certainement ses racines taoïstes, mais le fondement de cette insistance est strictement bouddhiste. C'est la croyance en la perfection de notre nature originelle, la conscience de ce que l'éveil consiste simplement à devenir ce que l'on est. *Lorsque Po-chang fut questionné au sujet de la recherche de la nature de Bouddha, il répondit : « Cela ressemble beaucoup à chercher un bœuf tout en le chevauchant. »*

Il existe aujourd'hui au Japon deux écoles principales de Zen, qui diffèrent par leurs méthodes d'enseignement. Le Rinzaï utilise la méthode des *koan*, dont il a été question dans un chapitre précédent, et accorde la prééminence à des entretiens périodiques avec le maître, appelés *sanzen*, durant lesquels il est demandé à l'étudiant de présenter sa vision du *koan* qu'il tente de résoudre. La résolution d'un *koan* implique de longues périodes d'intense concentration menant à une illumination soudaine (*satori*). Un maître expérimenté sait lorsque l'étudiant a atteint le stade de l'éveil, et il peut le précipiter dans l'expérience du *satori* par des actes inattendus, comme un coup de bâton ou un cri puissant.

Le Soto évite la méthode violente du Rinzaï et vise à la maturation progressive de l'étudiant Zen, « comme la brise printanière qui caresse la fleur l'aide à s'ouvrir[1]. » Il préconise la « tranquille posture assise » et la pratique du travail quotidien comme deux formes de méditation.

Les écoles Soto et Rinzaï attachent toutes deux la plus grande importance au *zazen*, ou méditation assise, pratiqué

1. Dans P. Kapleau, *Les Trois Piliers du Zen (Three Pillars of Zen)*, p. 49.

dans les temples Zen chaque jour pendant plusieurs heures. La posture correcte et la respiration impliquées par cette forme de méditation sont les premières choses que l'étudiant du Zen doit apprendre. Dans le Zen Rinzaï, le *zazen* est utilisé pour préparer l'esprit intuitif au maniement du *koan*, alors que l'école Soto le considère comme le moyen le plus efficace d'aider à la maturation et à l'évolution de l'étudiant vers le *satori*. Plus que cela, il est conçu comme la prise de conscience effective de la nature bouddhique de chacun, corps et esprit unis harmonieusement. Comme le dit un poème Zen :

Assis paisiblement, sans rien faire,
Le printemps vient, et l'herbe croît d'elle-même[1].

L'illumination se manifestant dans les actions quotidiennes, le Zen a eu une influence considérable sur tous les aspects du style de vie traditionnel japonais. Ceux-ci comprenant non seulement les arts picturaux, la calligraphie, l'ornement des jardins et les divers artisanats, mais aussi les cérémonies du thé ou de l'art floral, et les arts martiaux du tir à l'arc, de l'escrime et du judo. Chacune de ces activités est connue au Japon comme un *do*, c'est-à-dire Tao ou « Voie » vers l'éveil. Elles explorent toutes les diverses caractéristiques de l'expérience du Zen et peuvent être utilisées pour entraîner l'esprit et l'amener au contact de la réalité ultime.

J'ai déjà fait allusion aux activités rituelles lentes du *cha-no-yu*, la cérémonie japonaise du thé, le mouvement spontané de la main qu'exigent la calligraphie et la peinture, et la spiritualité du *bushido*, « la Voie du guerrier ». Tous ces arts sont les expressions de la spontanéité, de la simplicité et de la totale présence d'esprit caractéristiques de la vie Zen. Tout en exigeant une perfection technique, la maîtrise réelle n'est accomplie que lorsque la technique est transcendée et que l'art devient un « art sans art » venant de l'inconscient.

Nous avons la chance de posséder une excellente description d'un tel « art naturel » dans le petit livre d'Eugen Herrigel, *le Zen dans l'art chevaleresque du tir à l'arc*. Herrigel passa plus de cinq ans en compagnie d'un maître japonais renommé afin d'étudier son art, et il nous a donné dans son livre un compte rendu personnel sur la façon dont il expérimenta le Zen à travers le tir à l'arc. Il décrit comment le tir

1. Extrait du *Zenrin Kushu ;* dans A. W. Watts, *op. cit.*, p. 134.

à l'arc lui fut présenté comme un rituel religieux, une danse recourant à des mouvements spontanés, aisés. Il lui fallut plusieurs années de pratique acharnée, qui transformèrent son être entier, pour apprendre à bander l'arc « spirituellement », avec une sorte de force naturelle, et à libérer la corde « sans intention », laissant la flèche « tomber de l'archer comme un fruit mûr ». Lorsqu'il atteignit le comble de la perfection, arc, flèche, cible et archer se confondirent, il ne décocha pas le trait, celui-ci partit tout seul.

La description du tir à l'arc que donne Herrigel est l'un des meilleurs exposés sur le Zen, car il n'en parle pas du tout.

$$\mathcal{L} = \bar{\psi} i\gamma^\mu D_\mu \psi - \tfrac{i}{2} g \bar{\psi} \gamma^\mu (D_\mu U)\psi - m\bar{\psi} U \psi + \tfrac{1}{16 f^2} \mathrm{Tr}(D^\mu U D_\mu U^\dagger)$$

$$= \bar{N} i\gamma^\mu (D_\mu + M_\mu) N - m \bar{N} N + \tfrac{1}{16 f^2} \mathrm{Tr}(D^\mu U D_\mu U^\dagger)$$

$$N = U^{1/2} \psi$$

$$D_\mu U = \partial_\mu U - 2ig f \gamma_5 \rho \frac{\vec{\tau}}{2} (\vec{\rho} \times \vec{\rho}_\mu) + ig \gamma_5 \sigma \frac{\vec{\tau}}{2} \vec{a}_\mu - 2g f \rho \vec{a}_\mu \vec{\rho}$$

$$D_\mu N = \partial_\mu N - ig \left[\sigma \frac{\vec{\tau}}{2} - (1+g') \gamma_5 f \rho (\vec{\tau} \times \vec{\rho}) + \frac{2 f^2 g'}{1+\sigma} (\vec{\tau} \vec{\rho}) \vec{\rho} \right] N \vec{\rho}_\mu$$

$$- ig \left[(1+g') \gamma_5 \sigma \frac{\vec{\tau}}{2} - f \rho (\vec{\tau} \times \vec{\rho}) + (1+g') \gamma_5 \frac{2 f^2 g'}{1+\sigma} (\vec{\tau} \vec{\rho}) \vec{\rho} \right] N \vec{a}_\mu$$

$$M_\mu = U^{1/2} \partial_\mu U^{-1/2} + \frac{g'}{2} (U^{1/2} \partial_\mu U^\dagger) U^{-1/2}$$

$$U = \sigma (f' \rho') + 2i f \gamma_5 \rho (f' \rho') \vec{\tau} \vec{\rho}$$

$$\mathcal{L} = \bar{N} i\gamma^\mu (D_\mu + M_\mu) N - m \bar{N} N + \tfrac{1}{16 f^2} \mathrm{Tr}(D^\mu U D_\mu U^\dagger)$$

$$- \tfrac{1}{4} \vec{R}^{\mu\nu} \vec{R}_{\mu\nu} - \tfrac{1}{4} \vec{A}^{\mu\nu} \vec{A}_{\mu\nu} + \tfrac{1}{2} m_\rho^2 (\vec{\rho}^\mu \vec{\rho}_\mu + \vec{a}^\mu \vec{a}_\mu)$$

$$\vec{R}_{\mu\nu} = \partial_\mu \vec{\rho}_\nu - \partial_\nu \vec{\rho}_\mu + g (\vec{\rho}_\mu \times \vec{\rho}_\nu) + g (\vec{a}_\mu \times \vec{a}_\nu)$$

$$\vec{A}_{\mu\nu} = \partial_\mu \vec{a}_\nu - \partial_\nu \vec{a}_\mu + g (\vec{a}_\mu \times \vec{\rho}_\nu) + g (\vec{\rho}_\mu \times \vec{a}_\nu)$$

$$\partial^\nu \vec{R}_{\mu\nu} = -g \vec{V}'_\mu + m_\rho^2 \vec{\rho}_\mu \;;\; \vec{V}_\mu = \vec{V}'_\mu + \tfrac{1}{g} \partial^\nu \vec{R}_{\mu\nu}$$

$$\partial^\nu \vec{A}_{\mu\nu} = -g \vec{A}'_\mu + m_\rho^2 \vec{a}_\mu \;;\; \vec{A}_\mu = \vec{A}'_\mu + \tfrac{1}{g} \partial^\nu \vec{A}_{\mu\nu}$$

$$[V_0^a(\vec{x},t), V_0^b(\vec{y},t)] = [A_0^a(\vec{x},t), A_0^b(\vec{y},t)] = i \varepsilon^{abc} V_0^c(\vec{x},t) \delta^3(\vec{x}-\vec{y})$$

$$[V_0^a(\vec{x},t), A_0^b(\vec{y},t)] = [A_0^a(\vec{x},t), V_0^b(\vec{y},t)] = i \varepsilon^{abc} A_0^c(\vec{x},t) \delta^3(\vec{x}-\vec{y})$$

$$[V_0^a(\vec{x},t), A_i^b(\vec{y},t)] = [A_0^a(\vec{x},t), V_i^b(\vec{y},t)] = i \varepsilon^{abc} A_i^c(\vec{x},t) \delta^3(\vec{x}-\vec{y})$$

$$[V_0^a(\vec{x},t), V_i^b(\vec{y},t)] = [A_0^a(\vec{x},t), A_i^b(\vec{y},t)] = i \varepsilon^{abc} V_i^c(\vec{x},t) \delta^3(\vec{x}-\vec{y})$$

ऋतस्य यज्ञस्य धूर्षदं धरि निर्वहणे मीदन्तं यज्ञनिर्वाहकमग्निं मिचं न मित्रमिव समिधानः दृष्टैर्दीपयमानः ऋञ्जते । प्रसाधयति । ऋञ्जतिः प्रसाधनकर्मा । दृब्धानः । सम्यग्दीप्यमानः । अक्तः । ज्वालाभिदादिभिराक्रान्तः । अन्यैरनाक्रान्तो वा । क्रमेश्छान्दसो डः । विदथेषु । यज्ञेषु वेदयत्सु स्तोत्रेषु निमित्तभूतेषु दीद्यत् स्वयं दीप्यमानोऽस्मदीयां धियं प्रज्ञां यागादिविषयां शुक्लवर्णां शुभ्रवर्णां निर्मलां ज्योतिष्टोमादि कर्म वा उद् यंमते । उद्द्योतयत्येव । यमेर्लेप्यडागमः । मिप् । उशब्दोऽवधारणे । धीरिति कर्मनाम । धीः शमीति तन्नामसु पाठात् ॥

मन्त्रः ।

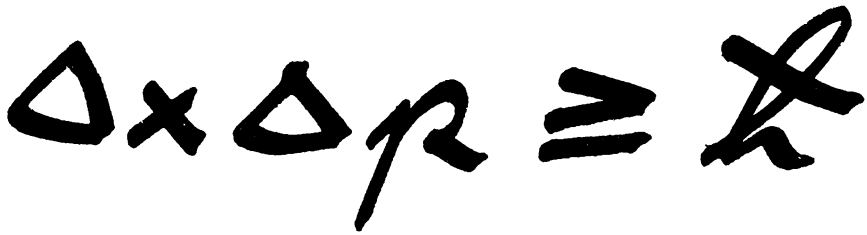
अप्रयुच्छन्नप्रयुच्छद्भिरग्ने
शिवेभिर्नः पायुभिः पाहि शग्मैः ।
अदब्धेभिरदृपितेभिरिष्टेऽ-
निमिषद्भिः परि पाहि नो जाः ॥ ८ ॥

पदपाठः ।

अप्रयुच्छन् । अप्रयुच्छद्भिः । अग्ने । शिवेभिः । नः । पायुभिः । पाहि । शग्मैः । अदब्धेभिः । अदृपितेभिः । इष्टे । अनिमिषद्भिः । परि । पाहि । नः । जाः । ८ ॥

Troisième partie

Les parallèles



10
L'unité de toutes choses

Bien que les traditions spirituelles décrites dans les cinq derniers chapitres diffèrent à bien des égards, leur vision du monde est essentiellement la même. C'est une vision fondée sur une expérience mystique, une expérience de la réalité immédiate et non intellectualisée, et cette expérience possède certaines caractéristiques fondamentales indépendantes du contexte géographique, historique ou culturel. Un hindou et un taoïste peuvent souligner des aspects différents de cette expérience, un bouddhiste japonais peut traduire la sienne dans un langage très différent de celui utilisé par un bouddhiste indien, mais les mêmes éléments de base de la vision du monde ont été développés dans toutes ces traditions. Ces éléments semblent être également les traits caractéristiques de la conception du monde émergeant de la physique moderne.

La plus importante caractéristique de la conception orientale du monde — on pourrait presque dire son essence — est la conscience de l'unité et de l'interaction de toutes choses et de tous événements, l'expérience de tous les phénomènes du monde comme autant de manifestations d'une unité primordiale. Tous les phénomènes sont conçus comme solidaires et inséparables dans cet ensemble cosmique ; en tant que manifestations différentes de la même réalité ultime,

indivisible, qui est en toute chose, et dont toute chose est partie. Cette réalité est nommée Brahman dans l'hindouisme, Dharmakaya dans le bouddhisme, Tao dans le taoïsme. Parce qu'elle transcende tous les concepts et les catégories, les bouddhistes l'appellent aussi Tathata, ou « réalité telle qu'elle est » :

Ce que l'âme désigne comme réalité telle qu'elle est, c'est l'unité de toutes choses, le Grand Tout[1].

Dans la vie ordinaire, nous ne sommes pas conscients de cette unité de toutes les choses, mais divisons le monde en objets et événements distincts. Cette division est, bien sûr, utile et nécessaire pour faire face à notre environnement quotidien, mais ce n'est pas une caractéristique fondamentale de la réalité. C'est une abstraction forgée par notre jugement discriminatoire et catégorisant. C'est une illusion de croire que nos concepts abstraits de « choses » et d'« événements » séparés sont des réalités de la nature. Les hindous et les bouddhistes nous disent que cette illusion repose sur l'*avidya* ou ignorance, qu'engendre un esprit sous le charme de *maya*. Le but principal des traditions spirituelles orientales est par conséquent de réformer l'esprit par la concentration et l'apaisement de la méditation. Le terme sanskrit pour méditation, *samadhi*, signifie littéralement « équilibre mental ». Il désigne l'état de tranquillité et de calme de l'esprit, qui permet l'expérience de l'unité fondamentale de l'univers : *Dans le samadhi de pureté, on obtient la clairvoyance permettant de devenir conscient de l'unité absolue de l'univers*[2].

L'unité fondamentale de l'univers n'est pas seulement la caractéristique centrale de l'expérience mystique, elle est aussi l'une des révélations les plus importantes de la physique moderne. Elle devient manifeste au niveau atomique et se confirme lorsqu'on pénètre plus profondément la matière, jusqu'au domaine des particules subatomiques. L'unité de toutes les choses et de tous les éléments sera un thème récurrent tout au long de notre comparaison de la physique moderne et de la philosophie orientale. En étudiant les différents schémas de la physique subatomique, nous verrons qu'ils ne cessent d'exprimer, de différentes manières, la même intuition : les composantes de la matière et les phénomènes élémentaires les mettant en jeu sont interdépendants, ils ne peuvent être compris comme des entités isolées, mais seulement comme les parties intégrantes d'un tout.

1. Ashvaghosha, *L'Éveil de la foi (The awakening of Faith)*, p. 55.
2. *Ibid.*, p. 93.

Dans ce chapitre, on examinera, à travers une analyse minutieuse du processus d'observation*, comment la notion de l'interdépendance fondamentale des faits de la nature apparaît dans la théorie des quanta, théorie des phénomènes atomiques. Avant d'entreprendre cet exposé, je dois revenir sur la distinction entre l'élaboration mathématique d'une théorie et sa formulation en langage courant. La conception mathématique de la théorie des quanta a soutenu victorieusement des épreuves innombrables et est actuellement universellement reconnue comme une description cohérente et exacte de tous les phénomènes atomiques. L'interprétation épistémologique, c'est-à-dire la métaphysique de la théorie des quanta, en revanche, se situe sur un terrain beaucoup moins solide. En fait, en plus de quarante ans, les physiciens n'ont pas été en mesure de livrer une théorie métaphysique claire.

L'exposé suivant se fonde sur ce qu'on a appelé l'interprétation de Copenhague de la théorie quantique, qui fut développée par Bohr et Heisenberg à la fin des années 1920, et qui demeure le modèle le plus largement admis. Dans mon exposé, je suivrai la présentation donnée par Henry Stapp de l'Université de Californie[1], qui se penche sur certains aspects de la théorie et sur un certain type de situation expérimentale, fréquent dans la physique subatomique**. La présentation de Stapp montre de la façon la plus claire comment la théorie des quanta implique une interdépendance fondamentale de tous les faits de la nature et place également la théorie dans une structure qui peut être étendue aux modèles relativistes des particules subatomiques, dont il sera question plus tard.

Le point de départ de l'interprétation de Copenhague est la division du monde physique en un système observé (l'« objet ») et un système observant. Le système observé peut être un atome, une particule subatomique, un processus atomique, etc. Le système d'observation consiste en un dispositif expérimental et comprend un ou plusieurs observateurs

* Bien que j'aie supprimé toutes les parties mathématiques et simplifié considérablement l'analyse, l'exposé suivant peut néanmoins apparaître plutôt sec et technique. Il devrait peut-être être envisagé comme un exercice de yoga qui, à l'égal de tant d'exercices dans la discipline spirituelle des traditions orientales, n'est peut-être pas très divertissant, mais peut conduire à une profonde intuition de la nature essentielle des choses.

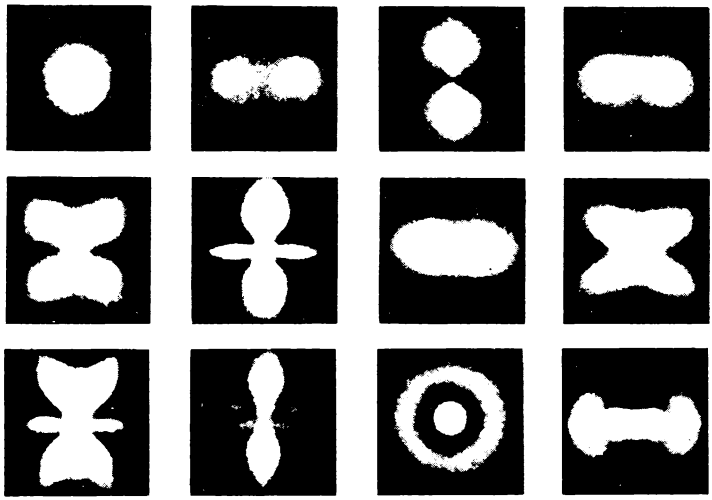
** D'autres aspects de la théorie des quanta seront abordés dans les chapitres suivants.

1. H. P. Stapp, « L'interprétation selon la matrice S de la théorie quantique » (« S-Matrix Interpretation of Quantum Theory »), *Physical Review*, vol. D 3 (15 mars 1971), p. 1303-1320.

humains. Une difficulté sérieuse survient alors du fait que les deux systèmes sont abordés de manière différente. Le système d'observation est décrit dans les termes de la physique classique mais ces termes ne conviennent pas à la description de l'« objet observé ». Nous savons que les concepts classiques sont inopérants au niveau atomique, cependant nous devons les utiliser pour décrire nos expériences et en énoncer les résultats. Il n'y a aucune façon d'échapper à ce paradoxe. Le langage technique de la physique classique n'est qu'un raffinement de notre langage quotidien mais c'est le seul langage que nous possédions pour communiquer nos résultats expérimentaux. Les systèmes observés sont décrits dans la théorie quantique en termes de probabilités. Cela implique que nous ne pouvons jamais prédire avec certitude où se trouvera une particule subatomique à un moment donné ou sous quelle forme se produira un processus atomique. Tout ce que nous pouvons faire est d'en prévoir la probabilité. Par exemple, la plupart des particules subatomiques connues aujourd'hui sont instables, c'est-à-dire se désintègrent ou disparaissent par transmutation en d'autres particules après un certain temps. Il n'est pas possible, toutefois, de prévoir le moment exact. Nous ne pouvons que prévoir la probabilité de désintégration après un certain temps ou, en d'autres termes, la durée moyenne de vie d'un grand nombre de particules de même espèce. Cela s'applique également au *mode* de désintégration. En général, une particule instable peut disparaître par transmutation en une combinaison variée d'autres particules, et là encore nous ne pouvons prédire quelle combinaison adoptera une particule donnée. Tout ce que nous pouvons prévoir est que sur un grand nombre de particules, 60 %, disons, disparaîtront d'une certaine façon, 30 % d'une autre façon, et 10 % d'une troisième manière. Il est clair que de telles prédictions statistiques exigent de nombreux calculs pour être vérifiées. En fait, dans les expériences de collisions de la physique des hautes énergies, des dizaines de milliers de collisions de particules sont enregistrées et analysées afin de déterminer la probabilité d'un processus particulier.

Il est important de réaliser que la formulation statistique des lois de la physique atomique et subatomique ne reflète pas notre ignorance comme le calcul des probabilités par les compagnies d'assurances ou les spéculateurs. Dans la théorie quantique, nous en sommes arrivés à reconnaître la probabilité comme le caractère fondamental de la réalité atomique régissant tous les processus, jusqu'à l'existence de la matière. Les particules subatomiques n'existent pas de façon certaine

en des lieux précis, mais manifestent plutôt des « tendances à exister », et les événements atomiques ne se produisent pas avec certitude à des moments et sous des formes définis, mais manifestent plutôt des « tendances à survenir ».



Modèles visuels de schémas de probabilités.

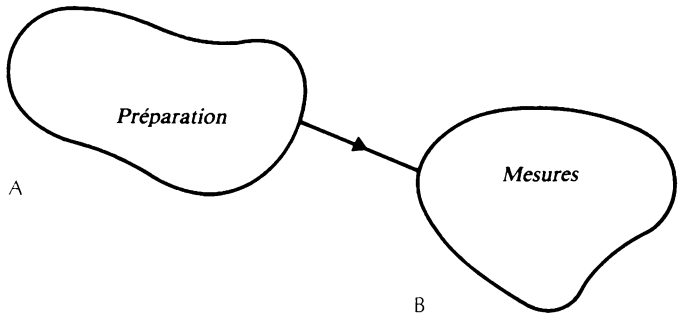
Il n'est pas possible, par exemple, de dire avec certitude où se trouvera un électron dans un atome à un moment donné. Sa position dépend de la force d'attraction qu'exerce le noyau atomique et de l'influence des autres électrons de l'atome. Ces conditions déterminent un schéma de probabilité représentant les tendances des électrons à se répartir dans diverses régions de l'atome. La photo ci-dessus montre quelques représentations de modèles de probabilité. Il est probable que l'on trouvera l'électron là où les clichés sont lumineux et peu probable là où ils sont sombres. Le point important est que le schéma entier représente l'électron à un moment donné. A l'intérieur du schéma, nous ne pouvons parler de la position de l'électron, mais seulement de ses tendances à être dans certaines régions. Dans la formalisation de la théorie quantique, ces tendances ou probabilités sont représentées par ce qu'on nomme la fonction de probabilité, une quantité mathématique se rapportant aux probabilités de trouver l'électron en divers endroits à divers moments.

Le contraste entre les deux sortes de description — les termes classiques pour le dispositif expérimental et les fonctions

de probabilité pour les objets observés — conduisent à de profonds problèmes métaphysiques qui n'ont pas été encore résolus. En pratique, cependant, ces problèmes sont contournés en décrivant le système d'observation en termes opérationnels, c'est-à-dire sous forme d'instructions qui permettent aux scientifiques d'établir et d'effectuer leurs expérimentations. En ce sens, les dispositifs de mesure et les scientifiques sont effectivement unis en un système complexe sans parties distinctes et bien définies, et l'appareil expérimental n'a pas à être décrit en tant qu'entité physique isolée.

Afin de décrire plus amplement le processus d'observation, il serait utile de prendre un exemple précis, et la plus simple entité physique qu'on puisse utiliser à cet effet est une particule subatomique, telle que l'électron. Si nous voulons observer et mesurer une telle particule, nous devons d'abord l'isoler, ou même la produire en un processus pouvant être appelé processus de préparation. Une fois que les particules ont été préparées en vue de l'observation, leurs propriétés peuvent être déterminées, et cela constitue le processus de mesure. La situation peut être représentée symboliquement comme suit. Une particule est préparée dans la région A, se déplace de A en B. La mesure et la préparation de la particule peuvent consister en une série de processus très compliqués. Dans l'expérience de collision de la physique de haute énergie, par exemple, la préparation des particules utilisées comme projectiles consiste à les envoyer sur une orbite et à les accélérer jusqu'à ce que leur énergie soit suffisamment élevée. Ce processus prend place dans l'accélérateur de particules. Quand l'énergie souhaitée est atteinte, elles sont prêtes à sortir de l'accélérateur (A) et à être envoyées jusqu'à la zone objectif (B) où elles entrent en collision avec d'autres particules. Ces collisions ont lieu dans la chambre à bulles, où les particules laissent des traces visibles qui sont photographiées. Les propriétés des particules sont alors déduites d'une analyse mathématique de leurs traces ; une telle analyse peut être très complexe et exige souvent l'utilisation d'ordinateurs. Tous ces processus et activités constituent l'acte de mesure.

Le point important dans cette analyse de l'observation est que la particule constitue un système intermédiaire reliant les processus en A et B. Elle n'existe et n'a de signification que dans ce contexte ; non en tant qu'entité isolée, mais en tant que liaison entre les processus de préparation et de mesure. Les propriétés de la particule ne peuvent être définies indépendamment de ces processus. Si la préparation ou la



Observation d'une particule dans la physique atomique.

mesure est modifiée, les propriétés de la particule changeront également.

D'autre part, le fait que nous parlons de « la particule » ou de n'importe quel autre système observé montre que nous avons à l'esprit quelque entité physique indépendante qui est d'abord préparée et puis mesurée. Le problème de base de l'observation en physique atomique est donc — selon les termes d'Henry Stapp —, que « le système observé doit être isolé afin d'être défini, et en même temps demeurer en interaction afin d'être observable »[1]. Ce problème est résolu d'une façon pragmatique dans la théorie quantique en exigeant que le système observé soit exempt des perturbations provoquées par le processus d'observation pendant un certain temps entre la préparation et la mesure. Une telle condition peut être remplie si la préparation et les moyens de mesure sont matériellement séparés par une grande distance, de telle sorte que l'objet observé puisse se déplacer de la région de préparation à la région de mesure.

Quelle doit donc être cette distance ? En principe, elle doit être infinie. Dans le cadre de la théorie quantique, la notion d'entité physique distincte ne peut être définie précisément que si cette entité est infiniment loin des opérateurs de l'observation. En pratique, cela n'est bien sûr guère possible, ni nécessaire. Nous devons nous rappeler ici l'attitude fondamentale de la science moderne, à savoir que tous ses concepts et théories sont approximatifs. Dans le cas présent, cela signifie que le concept d'entité physique distincte n'exige pas de définition précise, mais peut être défini approximativement. Ce qui se réalise de la manière suivante.

1. *Ibid.*, p. 1003.

L'objet observé est une manifestation de l'interaction entre les processus de préparation et de mesure. Cette interaction est généralement complexe et entraîne des effets variés se prolongeant sur des distances différentes ; elle a des « portées » diverses, comme nous disons en physique. Maintenant, si la majeure partie de l'interaction a une longue portée, la manifestation de cet effet de longue portée parcourra une grande distance. Elle sera ainsi affranchie de perturbations extérieures et il peut en être fait mention comme d'une entité physique séparée. Dans le cadre de la théorie des quanta, les entités physiques distinctes sont par conséquent des notions significatives seulement dans la mesure où la partie principale de l'interaction a une longue portée. Une telle situation peut être définie mathématiquement de façon précise. Matériellement, cela signifie que les moyens de mesure sont si espacés que leur principale interaction se produit par l'échange d'une particule ou, dans des cas plus complexes, d'un réseau de particules. Il y aura toujours d'autres effets présents également mais, aussi longtemps que la séparation des moyens de mesure est suffisante, ces effets peuvent être négligés. Ce n'est que lorsque les moyens ne sont pas assez éloignés que les effets de courte portée deviennent dominants. En pareil cas, l'ensemble du système macroscopique forme un tout unifié et la notion d'un objet observé disparaît.

La théorie quantique dévoile par conséquent l'intrication essentielle de l'univers. Elle montre que nous pouvons décomposer le monde en unités infinitésimales existant de façon autonome. Comme nous pénétrons la matière, nous découvrons qu'elle est constituée de particules, mais celles-ci ne sont pas des « briques fondamentales » au sens de Démocrite et de Newton. Ce sont simplement des notions utiles d'un point de vue pratique, mais sans signification fondamentale. Selon les mots mêmes de Niels Bohr, « des particules matérielles isolées sont des abstractions, leurs propriétés n'étant définissables et observables qu'à travers leur interaction avec les autres systèmes[1] ».

L'interprétation de Copenhague de la théorie des quanta n'est pas universellement acceptée. Il existe plusieurs contre-propositions et les problèmes philosophiques en jeu sont loin d'être résolus. L'interconnexion universelle des phénomènes, toutefois, semble être une caractéristique fondamentale de la

1. N. Bohr, *La Physique atomique et la description de la nature (Atomic Physics and the Description of Nature)*, p. 57.

réalité atomique, qui ne dépend pas d'une interprétation particulière de la théorie mathématique. Le passage suivant d'un récent article de David Bohn, l'un des principaux adversaires de l'interprétation de Copenhague, confirme ce fait de la façon la plus éloquente.

« On est conduit à la nouvelle notion d'une totalité continue infirmant l'idée classique de déconstruction du monde en parties existant séparément et indépendamment [...] Nous avons inversé la notion traditionnelle selon laquelle les " parties élémentaires " du monde en constituent la réalité fondamentale, et les divers systèmes sont seulement des figures et des combinaisons particulières et contingentes de ces parties. Nous dirons plutôt que l'interconnexion quantique de l'univers dans son ensemble est la réalité fondamentale et que les parties fonctionnant de façon relativement interdépendante sont simplement des formes particulières et fortuites à l'intérieur de cet ensemble[1]. »

Au niveau atomique, donc, les objets matériels solides de la physique classique prennent la forme de modèles de probabilité, et ces modèles ne représentent pas des probabilités d'existence, mais plutôt d'interconnexions. La théorie quantique nous oblige à considérer l'univers non comme une collection d'objets physiques, mais plutôt comme un réseau complexe de relations entre les diverses parties d'un tout unitaire. Telle est également la façon dont les mystiques orientaux ont fait l'expérience du monde, et certains d'entre eux ont exprimé cette expérience en termes presque identiques à ceux qu'utilisent les physiciens nucléaires ; en voici deux exemples :

« L'objet matériel devient [...] différent de ce que nous voyons actuellement, non un objet séparé de l'arrière-plan ou de l'environnement, mais une partie indivisible — et même, d'une façon subtile, une expression de l'unité — de tout ce que nous voyons »[2].

« Les choses tirent leur existence et leur nature d'une mutuelle dépendance et ne sont rien en elles-mêmes[3]. »

Si ces déclarations peuvent être considérées comme rendant compte de la façon dont la nature apparaît en physique

1. D. Bohm et B. Hiley, « La compréhension intuitive de la non-localisation telle qu'elle est impliquée par la théorie quantique » (« On the Intuitive Understanding of non locality as implied by Quantum Theory »), *Foundations of Physics*, vol. V (1975), p. 96, 102.

2. S. Aurobindo, *La Synthèse du Yoga (The Synthesis of Yoga)*, p. 993.

3. Nagarjuna, cité par T. R. V. Murti, *La Philosophie centrale du bouddhisme (The central Philosophy of Buddhism)*, p. 138.

atomique, les suivantes pourraient, à leur tour, être lues comme une description de l'expérience mystique de la nature :

« Une particule élémentaire n'est pas une entité inanalysable existant de façon indépendante. C'est, essentiellement, un ensemble de relations qui s'étend à d'autres phénomènes[1] ».

« Le monde apparaît donc comme un tissu complexe d'événements, dans lequel des relations de diverses sortes alternent, se superposent ou se combinent, déterminant par là la trame de l'ensemble[2] ».

L'image d'une étoffe cosmique qui émerge de la physique atomique moderne a été largement utilisée en Extrême-Orient pour communiquer l'expérience mystique de la nature. Pour les hindous, Brahman est la trame du tissu cosmique, le fond ultime de toute existence.

> *« Celui sur lequel le ciel, la terre et l'atmosphère*
> *Sont tissés, et le vent, avec tous les souffles vitaux,*
> *Seul le connaît l'âme unique*[3].

Dans le bouddhisme, l'image de l'étoffe cosmique joue un rôle encore plus grand. Le cœur du sutra Avatamsaka, l'une des principales écritures du bouddhisme Mahayana, est la description du monde comme un réseau parfait de relations mutuelles où toutes les choses et les événements sont en interaction d'une manière infiniment complexe. Les bouddhistes Mahayana, afin d'illustrer cette interaction universelle, ont développé un grand nombre de paraboles et d'images dont quelques-unes seront examinées ultérieurement.

La notion de tissu cosmique également joue un rôle central dans le bouddhisme tantrique, dérivé du Mahayana, qui a pris naissance en Inde au IIIe siècle avant notre ère et fait encore aujourd'hui l'objet d'études dans le bouddhisme tibétain. Les écritures de cette école sont nommées *tantras*, mot dont la racine sanskrite signifie « tisser », et qui se rapporte à l'entrelacement et à l'interdépendance de tous les phénomènes.

Dans la mystique orientale, ce tissu implique toujours l'observateur humain et cela est également vrai en physique atomique. Au niveau atomique, les phénomènes ne peuvent être compris qu'en fonction de l'interaction entre les processus de préparation et de mesure. Le terme de cette chaîne de

1. H. P. Stapp, *op. cit.*, p. 1310.
2. W. Heisenberg, *Physique et philosophie (Physics and Philosophy)*, p. 107.
3. Mundaka Upanishad, 2, 2, 5.

processus réside toujours dans la conscience de l'observateur humain. Les mesures sont les interactions qui produisent les « sensations » dans notre conscience — par exemple, l'impression rétinienne d'un éclair de lumière, ou d'un point noir sur une plaque photographique — et les lois de la physique atomique nous disent avec quelle probabilité un objet atomique engendrera une certaine sensation si nous le laissons interférer avec nous. « La science de la nature, dit Heisenberg, ne se contente pas de décrire et d'expliquer la nature, c'est une partie intégrante de la relation dynamique entre la nature et nous-mêmes[1]. »

La caractéristique majeure de la physique atomique est que l'observateur humain n'est pas seulement nécessaire pour observer les propriétés d'un phénomène, mais également pour les définir. En physique nucléaire, nous ne pouvons parler des propriétés d'un objet en tant que telles. Elles n'ont de signification que dans le contexte de l'interaction de l'objet et de l'observateur. Selon les termes de Heisenberg, « ce que nous observons n'est pas la nature elle-même, mais la nature exposée à notre méthode d'investigation[2]. » L'observateur décide de la façon dont il établira la mesure et ce dispositif déterminera, jusqu'à un certain point, les propriétés de l'objet observé. Si le dispositif expérimental est modifié, les propriétés de l'objet observé changeront à leur tour.

Cela peut être illustré par le simple exemple d'une particule subatomique. En observant une telle particule, on peut choisir de mesurer — parmi d'autres quantités — la position de la particule et sa vitesse acquise, une quantité déterminée puisque la masse de la particule détermine sa vitesse. Nous verrons dans le chapitre suivant qu'une loi importante de la théorie quantique — le principe d'incertitude de Heisenberg — énonce que ces deux quantités ne peuvent jamais être mesurées simultanément avec précision. On peut obtenir une idée précise de la position de la particule et rester totalement ignorant de son énergie cinétique, et vice versa ; ou l'on peut avoir une notion vague et imprécise des deux quantités. L'important est que cette restriction n'a rien à voir avec l'imperfection de nos techniques de mesure, mais est inhérente à la réalité atomique. Si nous décidons de mesurer avec précision la position de la particule, celle-ci n'a tout simplement pas d'énergie cinétique déterminée, et si nous décidons

1. W. Heisenberg, *op. cit.*, p. 81.
2. *Ibid.*, p. 58.

de mesurer sa vitesse, la particule n'a plus de position déterminée.

En physique atomique, donc, l'homme de science ne peut pas jouer le rôle d'un observateur objectif détaché, il est au contraire impliqué dans le monde qu'il observe au point d'influencer les caractéristiques des phénomènes examinés. John Wheeler considère cet engagement de l'observateur comme le trait distinctif de la théorie des quanta, et il a donc suggéré de remplacer le mot d'« observateur » par celui de « participant ».

Selon les termes mêmes de Wheeler, « le plus important, dans le principe des quanta, est qu'il détruit la notion du monde extérieur à un observateur séparé de lui sans risques par une épaisseur de 20 centimètres de verre. Même pour observer un objet aussi minuscule qu'un électron, l'observateur doit briser le verre. Il doit atteindre l'objet. Il doit installer l'équipement de mesure qu'il a choisi. C'est à lui de décider s'il mesurera la position ou la vitesse. En tout état de cause, il ne peut mesurer les deux. En outre, la mesure modifie l'état de l'électron. L'univers ne sera jamais le même ensuite. Pour décrire ce qui s'est produit, il faut rayer l'ancien mot d'" observateur " et lui substituer le terme de " participant ". D'assez étrange façon, l'univers est un univers de participation[1] ».

La notion de « participation au lieu d'observation » n'a été que récemment formulée en physique moderne, mais elle est familière à n'importe quel disciple. La connaissance spirituelle ne peut jamais être obtenue par la simple observation, mais seulement par une complète participation de l'être entier. Cette notion de participant est donc décisive dans la conception extrême-orientale du monde, et les Orientaux ont poussé cette notion jusqu'à l'extrême, au point où observateur et observé, sujet et objet, ne sont pas seulement inséparables mais deviennent également indiscernables. Les mystiques ne sont pas satisfaits d'une situation analogue à celle de la physique atomique, où l'observateur et ce qui est observé ne peuvent être séparés, mais peuvent cependant être distingués. Ils vont beaucoup plus loin, et, en état de profonde méditation, ils atteignent un point où la distinction entre l'observateur et ce qui est observé s'effondre complètement, où sujet et objet fusionnent en un ensemble indifférencié et unifié.

1. J. A. Wheeler, dans J. Mehra (édit.), *La Conception de la nature selon les physiciens*, p. 244.

Ainsi les Upanishad disent-elles :

« Là où il y a dualité, pour ainsi dire, on voit l'autre, on sent l'autre, on goûte l'autre. Mais là où chaque chose est devenue soi-même, comment et que verrait-on ? Comment et que sentirait-on ? Comment et que goûterait-on[1] ? »

Cela, donc, est la compréhension ultime de toutes choses. Elle est atteinte, nous disent les mystiques, dans un état de conscience où l'individualité se fond en une unité indifférenciée, où le monde des sens est transcendé et la notion de phénomènes dépassée.

Selon Tchouang-tseu : « La relation avec le corps et ses éléments disparaît. Les organes des sens sont laissés de côté. Ainsi, quittant la forme matérielle et disant adieu à mon savoir, je deviens uni à l'omniprésent. Cela je l'appelle s'asseoir pour oublier tout[2]. »

Bien entendu, la physique moderne fonctionne dans un cadre très différent, elle ne peut aller aussi loin dans l'expérience de l'unité de toutes choses. Mais, avec la théorie atomique, elle a accompli un grand pas vers la vision du monde des mystiques orientaux. La théorie quantique a aboli la notion d'objets séparés et introduit la notion de participant pour remplacer celle d'observateur ; il est désormais nécessaire d'inclure la conscience humaine dans sa description du monde*.

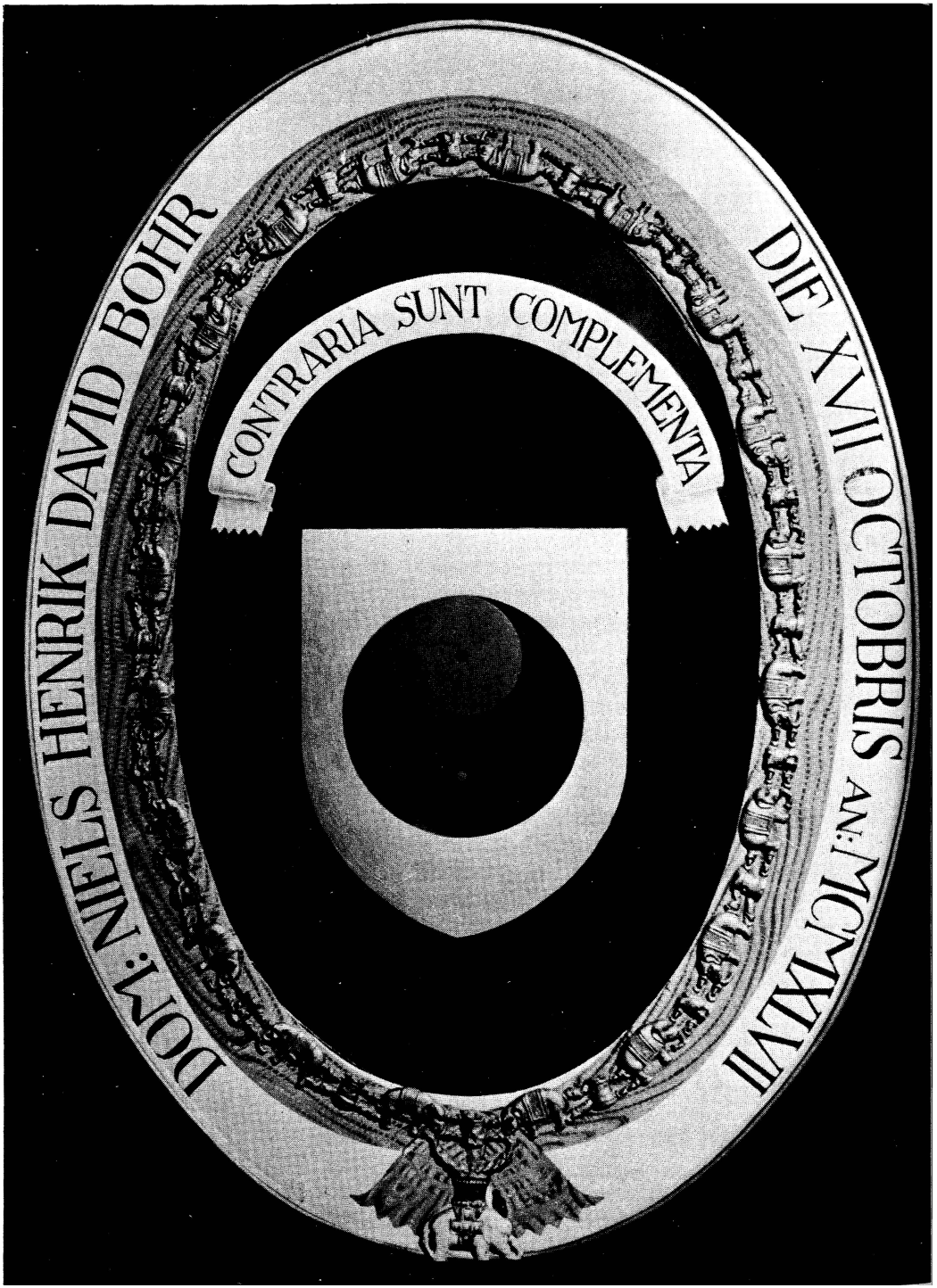
On en est venu à percevoir le monde comme un tissu de relations mentales et physiques, dont les éléments sont définissables seulement dans leur rapport à l'ensemble.

Les paroles du bouddhiste tantrique Lama Anagarika Govinda semblent résumer parfaitement la vision du monde émergeant de la physique atomique :

« Le bouddhiste ne croit pas à un monde extérieur séparé, dans les énergies duquel il pourrait s'insérer. Le monde extérieur et son monde intérieur ne sont pour lui que deux aspects de la même étoffe, dans laquelle les fils de toutes les énergies et de tous les phénomènes, de toutes les formes de conscience et de leurs objets, sont tissés en une trame continue de relations infinies et mutuellement conditionnées[3]. »

* Ce point sera plus longuement abordé dans le chapitre 18.

1. Brihad-aranyaka Upanishad, 4, 5, 15.
2. Tchouang-tseu, chap. VI.
3. Lama Anagarika Govinda, *Les Fondements de la mystique tibétaine (Foundations of Tibetan Mysticism)*, p. 93.



Blason de Niels Bohr.

11
Par-delà le monde des contraires

Lorsque les mystiques orientaux nous disent qu'ils expérimentent tous les objets et les phénomènes comme autant de manifestations d'une unité fondamentale, cela ne signifie pas qu'ils déclarent toutes choses égales. Ils reconnaissent la spécificité des phénomènes, mais, en même temps, ils sont conscients que les différences et les contrastes sont relatifs, à l'intérieur d'une unité comprenant tout. Puisque, dans notre état normal de conscience, cette unité de tous les contrastes — et particulièrement celle des contraires — est extrêmement difficile à accepter, elle constitue l'une des caractéristiques les plus épineuses de la philosophie orientale. C'est pourtant une intuition qui se trouve à la source même de cette vision du monde.

Les contraires sont des notions abstraites appartenant au domaine de la pensée, et en tant que tels ils sont relatifs. Par l'acte même de concentrer notre attention sur n'importe quelle notion, nous suscitons son contraire. Aussi Lao-tseu dit-il :

> *Tout le monde tient le beau pour le beau,*
> *c'est en cela que réside la laideur.*
> *Tout le monde tient le bien pour le bien,*
> *c'est en cela que réside le mal.*[1]

Le mystique transcende le domaine des concepts intellectuels et, en le transcendant, il prend conscience de la relativité de tous les contraires. Il réalise que bien et mal, plaisir

1. Lao-tseu, *Tao Te King*, trad. Ch'u Ta-kao, chap. I.

et peine, vie et mort ne sont pas des expériences absolues appartenant à des catégories différentes, mais simplement deux aspects d'une même réalité, les parties extrêmes d'un ensemble unique. La conscience de la bipolarisation, et donc de l'unité des contraires, est considérée comme l'un des plus grands desseins humains dans les traditions de l'Asie. « Sois éternel dans la vérité, par-delà les opposés terrestres », tel est le conseil de Krishna dans la Bhagavad-Gita, et le même conseil est adressé aux adeptes du bouddhisme. Ainsi D. T. Suzuki écrit-il :

« L'idée fondamentale du bouddhisme est d'aller au-delà du monde des opposés, un monde échafaudé par des distinctions intellectuelles et des souillures émotionnelles, et de prendre conscience du monde spirituel de non-distinction, qui implique l'accomplissement d'un point de vue absolu [1]. »

Tout l'enseignement bouddhiste — et, de fait, la totalité de la spiritualité orientale — tourne autour de ce point de vue absolu qui est atteint dans le monde d'*acintya,* ou « sans pensée », où l'unité de tous les contraires devient une expérience vivante. Selon un poète Zen :

Au crépuscule le coq annonce l'aurore ;
A minuit, le plein soleil [2].

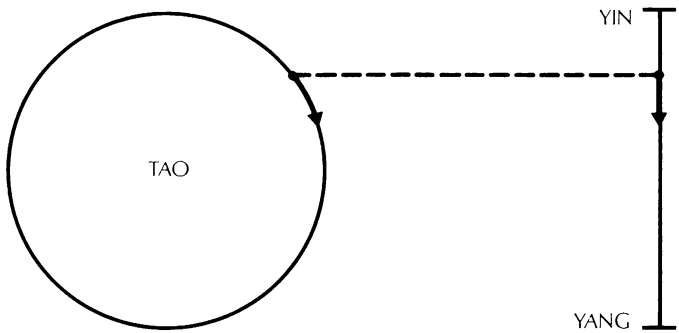
L'idée de la polarité des contraires — que lumière et obscurité, gain et perte, bien et mal sont simplement différents aspects du même phénomène — est l'un des principes de base du mode de vie extrême-oriental. Puisque tous les opposés sont solidaires, leur antagonisme ne peut jamais mener à la victoire écrasante d'un seul côté, mais sera toujours une manifestation du jeu mutuel des deux forces. En Orient, une personne vertueuse n'est donc pas quelqu'un qui entreprend la tâche impossible d'essayer d'obtenir le bien en supprimant le mal, mais plutôt quelqu'un qui est capable de maintenir un équilibre dynamique entre le bien et le mal.

La notion d'équilibre dynamique est essentielle à la façon dont l'unité des contraires est expérimentée dans la spiritualité orientale. Ce n'est jamais une identité statique mais toujours un jeu dynamique entre deux extrêmes. Ce point a été souligné par les sages chinois dans leur symbolisme des pôles archétypaux *yin* et *yang.* Ils nomment Tao l'unité qui sert de fond au *yin* et au *yang* et le voient comme un processus qui

1. D. T. Suzuki, *L'Essence du bouddhisme (The essence of Bouddhism),* p. 18.
2. Cité par A. W. Watts, *Le bouddhisme Zen (The Way of Zen),* p. 117.

détermine leur jeu mutuel : « Ce qui fait apparaître tantôt l'obscurité, tantôt la lumière, est le Tao[1]. »

L'unité dynamique des opposés polaires peut être illustrée par le simple exemple d'un mouvement circulaire et de sa projection. Imaginez que vous ayez une balle qui décrit un cercle. Si ce mouvement est projeté sur un plan, il devient une oscillation entre deux points extrêmes. (Afin de garder l'analogie avec la pensée chinoise, j'ai écrit Tao dans le cercle et j'ai marqué les points extrêmes de l'oscillation par *yin* et *yang*.) La balle décrit le cercle à une vitesse constante. Mais sur la projection elle ralentit lorsqu'elle atteint le bord, retourne, et puis accélère à nouveau pour ralentir encore une fois — et ainsi de suite, en cycles infinis.



Unité dynamique des opposés polaires.

Dans n'importe quelle projection de cette sorte, le mouvement circulaire apparaîtra comme une oscillation entre deux points opposés, mais dans le mouvement même les opposés sont unifiés et transcendés. Cette image d'une unification dynamique des contraires était bien, en effet, dans l'esprit des penseurs chinois, comme on peut le voir dans ce passage déjà cité de Tchouang-tseu :

« Que les " cela " et les " ceci " cessent d'être opposés est la véritable essence du Tao. Seule l'essence, tel le moyeu d'une roue, est le centre du cercle répondant aux changements infinis. »

Une des principales bipolarités dans la vie est celle qui exite entre les aspects masculin et féminin de la nature humaine. Comme dans l'opposition du bien et du mal, ou de

1. R. Wilhelm, *Le Yi King ou Livre des changements (The I Ching or Book of Changes)*, p. 297.

Shiva Mahesvara, Elephanta (Inde), VIII^e siècle.

Shiva Ardhanari, Elephanta (Inde), VIII^e siècle.

la vie et de la mort, nous avons tendance à nous sentir mal à l'aise vis-à-vis de la bipolarité masculin/féminin en nous-mêmes, et par conséquent faisons ressortir l'un ou l'autre aspect. La société occidentale favorise traditionnellement le côté masculin plutôt que le féminin. Au lieu de reconnaître que la personnalité de chaque homme et de chaque femme est le résultat d'une synergie des éléments féminins et masculins, elle a instauré un ordre statique où tous les hommes sont censés être masculins et toutes les femmes féminines, elle a donné aux hommes les premiers rôles et la plupart des privilèges sociaux.

Cette attitude a mené à une valorisation excessive de tous les aspects *yang* — ou masculins — de la nature humaine : activité, pensée rationnelle, compétition, agressivité, etc. Les modes de conscience *yin* — ou féminins — qui peuvent être décrits par des mots tels qu'intuitif, religieux, mystique, occulte ou psychique ont constamment été réprimés dans notre société à orientation masculine.

Dans la spiritualité orientale, ces caractères féminins sont développés et une unité entre les deux aspects de la nature humaine est recherchée. Un être humain pleinement réalisé est quelqu'un qui, selon les termes de Lao-tseu, « connaît le masculin et adhère au féminin ». Dans plusieurs traditions

orientales l'équilibre dynamique entre les modes de conscience masculin et féminin est le but principal de la méditation et est souvent illustré par des œuvres d'art. Une splendide sculpture de Shiva, dans le temple hindou d'Elephanta, montre trois visages du dieu : à droite, son profil masculin manifestant virilité et volonté de puissance ; à gauche son aspect féminin — doux, charmant, séduisant — et au centre l'union sublime des deux aspects dans la magnifique tête de Shiva Mahesvara, le Grand Seigneur, irradiant une tranquillité sereine et une réserve transcendantale. Dans le même temple, Shiva est également représenté sous une forme androgyne — mi-homme, mi-femme —, le mouvement gracieux du corps de la divinité et le détachement serein de son visage symbolisant ici aussi l'union dynamique du masculin et du féminin.

Dans le bouddhisme tantrique, la bipolarité masculin/féminin est souvent expliquée à l'aide de symboles sexuels. La sagesse intuitive est considérée comme la qualité féminine passive de la nature humaine, l'amour et la compassion comme la qualité masculine active, et l'union des deux dans le processus d'illumination est représentée par l'étreinte sexuelle extatique des divinités masculines et féminines. Les mystiques orientaux affirment qu'une telle union des aspects masculin et féminin ne peut être réalisée que sur un plan plus élevé de conscience où le domaine de la pensée et du langage est transcendé et où tous les opposés deviennent unité dynamique.

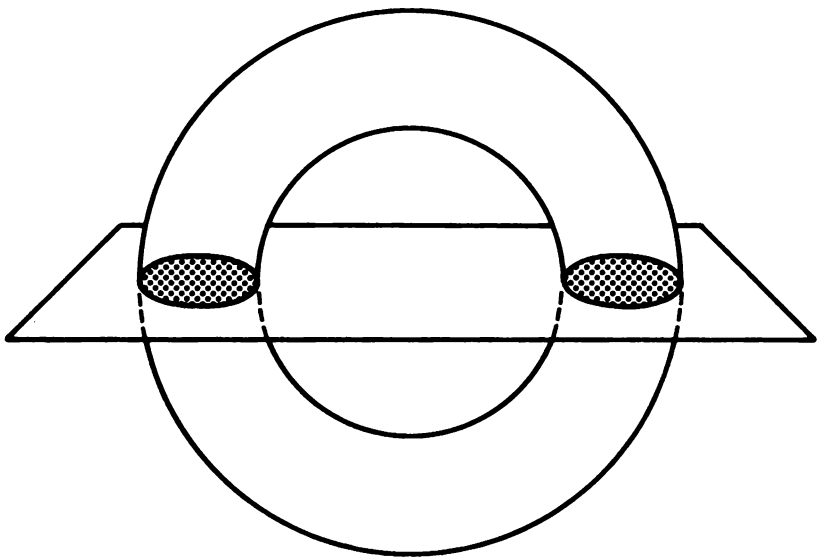
On a vu qu'un niveau similaire a été atteint en physique atomique. L'exploration du monde subatomique a révélé une réalité qui est au-delà du langage et du raisonnement, et l'unification de concepts qui, jusqu'alors, semblaient contradictoires et inconciliables se trouve être l'une des caractéristiques les plus saisissantes de cette nouvelle réalité. Ces concepts apparemment incompatibles ne sont généralement pas ceux auxquels s'intéressent les mystiques d'Orient — mais leur unification à un niveau non ordinaire de réalité offre un parallèle avec la spiritualité orientale. Les physiciens modernes, par conséquent, devraient pouvoir pénétrer le sens des enseignements centraux de l'Orient en les rapprochant des expériences dans leur propre champ. Un nombre peu élevé, mais croissant, de jeunes physiciens a même trouvé une telle approche de la spiritualité orientale extrêmement précieuse et stimulante.

On peut trouver les exemples d'unification de concepts opposés en physique moderne au niveau subatomique, où les

particules sont à la fois destructibles et indestructibles ; où la matière est à la fois continue et discontinue, et où l'énergie et la matière ne sont que différents aspects d'un même phénomène. Dans tous ces cas, qui seront amplement examinés dans les chapitres suivants, il apparaît que le carcan dualiste, provenant de notre expérience quotidienne, est trop étroit pour le monde des particules subatomiques. La théorie de la relativité est décisive pour la description de ce monde ; dans le cadre relativiste, les concepts classiques sont dépassés par l'introduction d'une autre dimension, l'espace-temps quadridimensionnel. Espace et temps eux-mêmes, après avoir semblé distincts, ont été unifiés dans la physique relativiste. Cette unité fondamentale est la source de l'unification des concepts opposés mentionnée plus haut. De même que l'unité des contraires expérimentée par les mystiques, elle se situe à un « niveau supérieur », c'est-à-dire dans une dimension plus élevée. Et, comme dans l'expérience spirituelle, il s'agit d'une unité dynamique, car la réalité espace/temps relativiste est une réalité intrinsèquement dynamique, où les objets sont aussi des processus et où toutes les formes sont des schèmes dynamiques.

Pour expérimenter l'unification d'entités apparemment distinctes dans une dimension supérieure, nous n'avons pas besoin de la théorie de la relativité. On peut en faire également l'expérience en allant d'une à deux dimensions, ou de deux à trois. Dans l'exemple d'un mouvement circulaire et de sa projection en un point correspondant donné, les pôles opposés de l'oscillation dans une dimension (le long d'une ligne) sont unifiés dans le mouvement circulaire à deux dimensions (en un plan). Le dessin ci-dessous donne un autre exemple, impliquant un passage de deux à trois dimensions. Il montre une couronne de gâteau coupée horizontalement par un plan. Dans les deux dimensions de ce plan, les surfaces de la coupe semblent être deux disques totalement distincts, ils sont cependant reconnus comme les parties d'un seul et même objet. Une unification similaire d'entités qui semblent séparées et incompatibles est réalisée dans la théorie de la relativité en passant de trois à quatre dimensions. Le monde à quatre dimensions de la physique relativiste est un monde où énergie et matière sont unifiées ; où la matière peut apparaître sous la forme de particules discontinues, ou d'un champ continu. Dans ces conditions, toutefois, nous ne pouvons plus très bien nous représenter l'unité. Les physiciens peuvent expérimenter l'espace/temps quadridimensionnel à travers le formalisme mathématique abstrait de leurs

théories, mais leur imagination — comme n'importe quelle autre — est limitée au monde sensoriel à trois dimensions. Notre langage et nos modèles de pensée ont évolué dans cet univers tridimensionnel, et de ce fait il nous est extrêmement difficile d'aborder la réalité à quatre dimensions de la physique relativiste.



Les mystiques orientaux, en revanche, semblent capables d'expérimenter directement et concrètement une réalité de dimension supérieure. En état de méditation profonde, ils peuvent aller au-delà du monde à trois dimensions de la vie quotidienne et faire l'expérience d'une réalité totalement différente où tous les opposés sont unifiés en un ensemble organique. Lorsque les mystiques essaient d'exprimer verbalement cette expérience, ils sont confrontés aux mêmes problèmes que les physiciens essayant de traduire la réalité multidimensionnelle de la physique relativiste. Comme l'écrit Lama Govinda, « une expérience d'une dimension supérieure est réalisée par l'intégration d'expériences de centres et de niveaux de conscience différents. De là le caractère indicible de certaines expériences de méditation, au niveau de la conscience tridimensionnelle et à l'intérieur d'un système

logique qui réduit les possibilités d'expression en imposant des limites supplémentaires au processus de pensée[1]. »

L'univers quadridimensionnel de la théorie de la relativité n'est pas le seul exemple, en physique moderne, où des notions en apparence contradictoires et incompatibles sont considérées comme n'étant rien d'autre que divers aspects d'une même réalité. Peut-être l'exemple le plus célèbre d'une telle unification de notions contradictoires est-il celui des notions de particules et d'ondes en physique atomique.

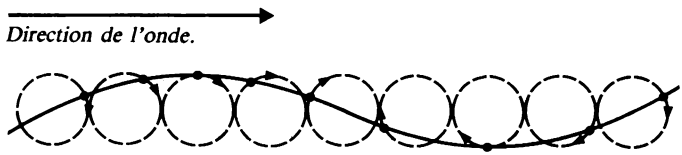
Au niveau atomique, la matière présente un double aspect ; elle apparaît sous les formes particulaire et ondulatoire. L'aspect qu'elle présente dépend de la situation. Dans certaines situations l'aspect particulaire domine ; dans d'autres, les particules se comportent comme des ondes ; et cette double nature est également présentée par la lumière et tout autre type de rayonnement électromagnétique. La lumière, par exemple, est émise et absorbée sous la forme de quanta, ou photons, mais lorsque ces particules de lumière voyagent à travers l'espace, elles apparaissent comme des champs magnétiques et électriques vibratoires présentant le comportement caractéristique des ondes. On considère normalement les électrons comme des particules ; cependant, lorsqu'un rayonnement de ces particules est émis à travers une petite fente, il est diffracté exactement comme un rayon de lumière, en d'autres termes les électrons se comportent également comme des ondes.

Ce double aspect, matériel et rayonnant, est vraiment des plus saisissants et donna lieu à bien des « *koan* quantiques », conduisant à la formulation de la théorie des quanta. L'image d'une onde se propageant sans limites dans l'espace est fondamentalement différente de celle de la particule qui implique une localisation exacte. Il a fallu longtemps aux physiciens pour accepter le fait que la matière se manifeste elle-même de façons apparemment incompatibles, que les particules sont également des ondes, et les ondes également des particules.

Particule. *Onde.*

1. Lama Anagarika Govinda, *Les Fondements de la mystique tibétaine (Foundations of Tibetan Mysticism)*, p. 136.

En considérant les deux figures, un profane pourrait être tenté de penser que la contradiction peut se résoudre en disant que le dessin de droite représente simplement une particule en mouvement selon un modèle ondulatoire. Cette thèse repose toutefois sur un malentendu quant à la nature des ondes. Les particules en mouvement selon un modèle ondulatoire n'existent pas dans la nature. Dans une vague, par exemple, les particules d'eau n'avancent pas avec la vague, mais décrivent des cercles tandis que la vague passe. Pareillement, les particules d'air dans une onde sonore oscillent simplement d'avant en arrière, mais ne se propagent pas avec l'onde. Ce qui est véhiculé le long de l'onde est la perturbation provoquant le phénomène d'ondulation, mais aucune particule matérielle. Dans la théorie des quanta, par conséquent, nous ne parlons pas de la trajectoire de la particule lorsque nous disons que la particule est également une onde. Ce que nous voulons dire est que le modèle ondulatoire en tant qu'ensemble est une manifestation de la particule. Le dessin des ondes se propageant est donc totalement différent de celui du mouvement particulaire, aussi différent, selon Victor Weisskopf, que « l'idée de vagues sur un lac de celle d'un banc de poissons nageant dans la même direction[1] ».



Onde aquatique.

Le phénomène ondulatoire se rencontre dans plusieurs contextes différents en physique, et il peut être décrit avec le même formalisme mathématique chaque fois qu'il se présente. On utilise les mêmes formes mathématiques pour décrire une onde lumineuse, une corde vibrante de guitare, une onde sonore ou une onde aquatique. Dans la théorie quantique, ces formes sont ainsi utilisées pour décrire les ondes associées aux particules. Cette fois, cependant, les

1. V. F. Weisskopf, *La Physique au XX^e siècle — Morceaux choisis (Physics in the Twentieth Century — Selected Essays)*, p. 30.

ondes sont beaucoup plus abstraites. Elles sont étroitement reliées à la nature statique de la théorie des quanta, c'est-à-dire au fait que le phénomène atomique ne peut être décrit qu'en fonction des probabilités. L'indication des probabilités d'une particule est contenue dans une équation appelée fonction de probabilité, et la forme mathématique de cette fonction est celle d'une onde, c'est-à-dire semblable aux formes utilisées pour décrire d'autres types d'onde. Toutefois, les ondes associées aux particules ne sont pas des ondes tridimensionnelles « réelles », à la différence des ondes aquatiques ou sonores, mais des ondes de probabilité, quantités mathématiques abstraites relatives aux chances de découvrir des particules en des lieux divers et dotées de diverses propriétés.

L'introduction des ondes de probabilité, en un sens, résout le paradoxe des particules existant sous forme d'ondes en le situant dans un contexte totalement nouveau mais, simultanément, elle conduit à un autre couple de notions opposées, encore plus fondamental, celui d'existence et de non-existence. Ce couple d'opposés est ici aussi dépassé par la réalité atomique. Nous ne pouvons affirmer qu'une particule atomique existe ou non en un lieu donné, ni dire qu'elle n'existe pas. Étant un modèle de probabilité, la particule a tendance à exister en des endroits variés et ainsi manifeste un genre inconnu de réalité physique entre existence et non-existence. Nous pouvons donc décrire négativement l'état de la particule. Elle n'est ni présente à une place précise, ni absente. Elle ne modifie pas sa position ni ne reste en repos. Ce qui change, c'est le modèle de probabilité, et donc les tendances de la particule à exister en certains lieux. Selon les mots de Robert Oppenheimer :

« Quand nous nous demandons, par exemple, si la position de l'électron reste la même, nous devons répondre " non ". Quand nous nous demandons si la position de l'électron change avec le temps, nous devons répondre " non ". Quand nous demandons s'il est en mouvement, nous devons répondre " non "[1]. »

La réalité du physicien atomiste, comme la réalité du sage oriental, excède la structure limitée des notions opposées. Les paroles d'Oppenheimer semblent ainsi faire écho aux Upanishad :

1. J. R. Oppenheimer, *La Science et la compréhension du sens commun (Science and the Common Understanding)*, p. 42-43.

Cela bouge, cela ne bouge pas.
C'est loin et c'est proche.
C'est à l'intérieur de tout ceci
Et c'est en dehors de tout ceci[1].

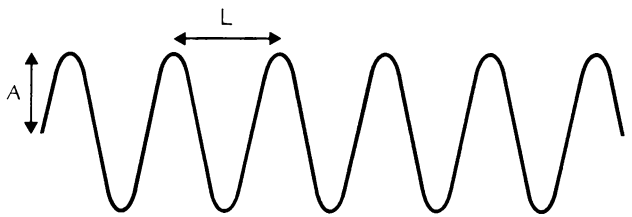
Force et matière, particules et ondes, mouvement et repos, existence et non-existence. Voici quelques-uns des concepts opposés ou contradictoires qui sont dépassés en physique moderne. De tous ces couples d'opposés, le dernier semble être le plus fondamental, et cependant, en physique atomique, nous devons même aller au-delà des concepts d'existence et de non-existence. C'est le trait le plus difficile à admettre de la théorie des quanta, et qui réside au cœur même du débat continu à propos de son interprétation. En même temps, le dépassement des notions d'existence et de non-existence est aussi l'un des aspects les plus troublants de la spiritualité orientale. Comme les physiciens atomistes, les mystiques orientaux traitent d'une réalité qui se trouve par-delà l'existence et la non-existence, et ils mettent fréquemment l'accent sur ce fait. Ainsi Ashvaghosha :

« La réalité ultime n'est ni existence, ni non-existence, ni ce qui est à la fois existence et non-existence, ni ce qui n'est pas à la fois existence et non-existence[2]. »

Confrontés à une réalité qui se trouve au-delà des concepts opposés, les physiciens et les mystiques doivent adopter une manière de penser originale, où la pensée n'est pas assujettie au schème rigide de la logique classique, mais ne cesse de changer et de modifier son point de vue. En physique atomique, par exemple, nous sommes maintenant habitués à appliquer tant le concept de particule que celui d'onde dans notre description de la matière. Nous avons appris à jouer avec les deux images, passant de l'une à l'autre, et inversement, afin de venir à bout de la réalité atomique. C'est précisément de cette façon que pensent les mystiques orientaux lorsqu'ils tentent de traduire leur expérience d'une réalité au-delà des contraires. Selon le Lama Govinda, « la manière orientale de penser consiste à graviter autour de l'objet de contemplation. Une impression multidimensionnelle se forme à partir de la superposition d'impressions singulières correspondant à des points de vue différents[3] ».

1. Isa-Upanishad, 5.
2. Ashvagosha, *L'Éveil de la foi (The Awakening of Faith)*, p. 59.
3. Lama Anagarika Govinda, *Logique et symbole dans la conception multidimensionnelle de l'univers (Logic and Symbol in the Multi-Dimensional Conception of the Universe)*, principaux courants, vol. XXV, p. 60.

Pour voir comment il est possible d'opérer un mouvement de va-et-vient entre l'image de la particule et l'image de l'onde en physique atomique, examinons plus en détail les concepts d'ondes et de particules. Une onde est un modèle vibratoire dans l'espace et le temps. Nous pouvons la considérer à un instant donné et verrons alors un modèle périodique dans l'espace, comme dans l'exemple suivant. Ce modèle est caractérisé par une amplitude A, l'étendue de la vibration, et une longueur d'onde L, la distance entre deux crêtes successives.



Modèle ondulatoire.

Regardant le mouvement d'un point déterminé de l'onde, nous verrons une oscillation caractérisée par une certaine fréquence (nombre de fois où le point oscille d'arrière en avant à chaque seconde). Maintenant, reportons-nous à l'image de la particule. Selon les idées classiques, une particule a une position bien définie à tout moment, et son mouvement peut être décrit en fonction de sa vitesse et de son énergie cinétique. Les particules se déplaçant à une vitesse élevée possèdent une énergie élevée. Les physiciens, en fait, n'emploient guère la « vitesse » pour décrire le déplacement de la particule, mais utilisent de préférence une quantité appelée *moment,* définie lorsque la masse de la particule mesure sa vitesse.

La théorie quantique, maintenant, associe les propriétés d'une onde probable avec les propriétés de la particule correspondante en rattachant l'amplitude de l'onde en un certain lieu à la probabilité de trouver la particule en ce lieu. Là où l'amplitude est forte, nous avons des chances de trouver la particule si nous la cherchons ; là où elle est faible, peu de chances. La succession d'ondes représentée ci-dessus, par exemple, a la même amplitude sur toute sa longueur, et

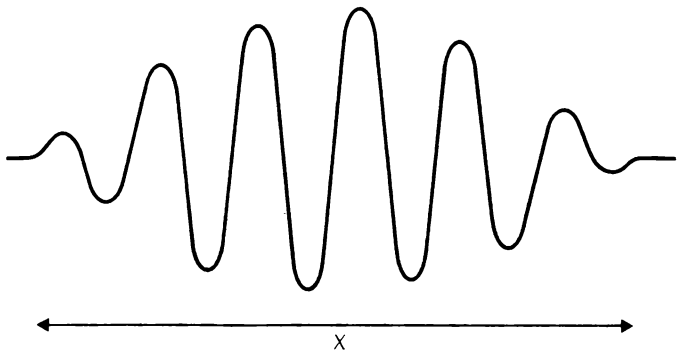
la particule peut être par conséquent trouvée n'importe où le long de l'onde avec la même probabilité*.

Les renseignements sur le mouvement de la particule sont contenus dans la longueur et la fréquence de l'onde. La longueur d'onde est inversement proportionnelle au moment de la particule, ce qui signifie qu'une onde courte correspond à une particule se déplaçant à une vitesse élevée (et donc avec une haute énergie). La fréquence de l'onde est proportionnelle à l'énergie de la particule. Une onde de haute fréquence indique que la particule possède une énergie élevée. Dans le cas de la lumière, par exemple, la lumière violette possède une haute fréquence et une courte longueur d'onde et se compose donc de photons de haute énergie et de moment élevé, tandis que la lumière rouge a une fréquence peu élevée et une longueur d'onde étendue correspondant aux photons de basse énergie de moment peu élevé.

Une onde se propageant comme celle de notre exemple nous apprend peu de choses sur la position de la particule correspondante. Celle-ci peut se rencontrer avec la même probabilité n'importe où le long de l'onde. Très souvent, cependant, nous trouvons des situations où la position de la particule est connue jusqu'à un certain point, comme par exemple dans la description d'un électron dans un atome. Dans un tel cas, les probabilités de trouver la particule en divers lieux sont limitées à une certaine région. En dehors de cette région, elles sont nulles. Cela peut être figuré par un modèle ondulatoire comme celui du diagramme suivant, qui correspond à une particule limitée à la région X. Un tel modèle est nommé « paquet d'ondes** ». Il est composé de plusieurs trains d'ondes ayant des longueurs d'ondes différentes dont l'interférence à l'extérieur de la région X a un effet destructeur, de telle sorte que l'amplitude totale — et par conséquent la probabilité d'y découvrir la particule — est nulle, tandis que les ondes forment un modèle à l'intérieur de X. Ce croquis montre que la particule est localisée quelque part à l'intérieur de la région X, mais ne nous autorise

* Dans cet exemple, on ne doit pas penser qu'il y a plus de chances de trouver la particule aux crêtes de l'onde qu'en ses creux. Le modèle d'onde statique sur le tableau est simplement un « instantané » d'une vibration continuelle durant laquelle chaque point le long d'une onde atteint le sommet d'une crête à des intervalles périodiques.

** Pour plus de simplicité, nous ne traitons ici que d'une dimension de l'espace, c'est-à-dire de la position de la particule quelque part le long d'une ligne. Les modèles de probabilité exposés page 160 sont des exemples bidimensionnels correspondant à des paquets d'ondes plus complexes.



Paquet d'ondes correspondant à une particule située quelque part dans la région X.

pas à la localiser davantage. Pour les points à l'intérieur de la région, nous pouvons seulement donner les probabilités de la présence de la particule.

Il est très probable que la particule est présente au centre, où la probabilité est maximale, et moins vraisemblable qu'elle se trouve près des extrémités du paquet d'ondes, où la probabilité est minimale. La longueur du paquet d'ondes représente par conséquent l'incertitude dans la localisation de la particule.

L'importante propriété d'un tel paquet d'ondes est qu'il n'a pas de longueur d'ondes bien déterminée, c'est-à-dire que les distances entre deux crêtes successives ne sont pas égales tout au long du schéma. Il y a une diffusion de la longueur d'ondes dont l'importance dépend de la longueur du paquet d'ondes : plus court est le paquet d'ondes, plus grande la diffusion de la longueur d'ondes. Cela n'a rien à voir avec la théorie des quanta, mais résulte simplement des propriétés des ondes. La théorie quantique entre en jeu lorsque nous associons la longueur d'ondes avec le moment de la particule correspondante. Si le paquet d'ondes ne possède pas une longueur d'ondes bien déterminée, la particule n'a pas de moment déterminé. Cela signifie qu'il n'y a pas seulement incertitude dans la position de la particule, correspondant à l'amplitude du paquet d'ondes, mais aussi incertitude quant à son moment, causée par la variabilité de la longueur d'ondes. Les deux incertitudes sont corrélatives, parce que la diffusion de la longueur d'ondes (c'est-à-dire l'incertitude du moment) dépend de l'amplitude du paquet d'ondes (c'est-à-dire de l'incertitude de la position). Si nous voulons localiser plus précisément la particule, c'est-à-dire limiter le paquet

d'ondes à une plus petite région, cela mènera à une augmentation de la variation de la longueur d'ondes et par conséquent à une augmentation de l'incertitude quant au moment de la particule.

La formule mathématique exacte de cette relation entre les incertitudes relatives à la position et au moment d'une particule est connue sous le nom de relation d'incertitude de Heisenberg, ou principe d'incertitude. Cela veut dire que, dans le monde subatomique, nous ne pouvons jamais connaître la position ni le moment d'une particule avec une grande précision. Mieux nous connaissons la position, plus vague sera son moment, et vice versa. Nous pouvons décider de mesurer précisément l'une des deux quantités ; mais alors nous resterons complètement ignorants de l'autre. Il est important de comprendre, comme nous l'avons signalé dans le chapitre précédent, que cette limitation n'est pas due à l'imperfection de nos techniques de mesure, mais est une limitation de principe. Si nous décidons de mesurer précisément la position de la particule, la particule n'a tout simplement plus de moment bien défini.

La relation entre les incertitudes de la position et du mouvement d'une particule n'est pas l'unique forme du principe d'incertitude. D'autres quantités entretiennent des relations similaires, par exemple le temps que prend un événement atomique et l'énergie qu'il met en jeu. Cela peut être vu très aisément en imaginant notre paquet d'ondes non comme un modèle partiel, mais comme un modèle temporel vibratoire. Tandis que la particule passe par un point d'observation particulier, les vibrations du modèle ondulatoire en ce point débuteront par de faibles amplitudes qui augmenteront et puis diminueront à nouveau jusqu'à ce qu'enfin la vibration s'arrête tout à fait. Le temps requis pour examiner ce modèle représente celui durant lequel la particule passe par notre point d'observation. Nous pouvons dire que le passage se produit pendant ce laps de temps, mais nous ne pouvons le localiser davantage. La durée du modèle vibratoire représente par conséquent l'incertitude dans la localisation temporelle de l'événement.

De même que le modèle spatial du paquet d'ondes n'a pas de longueur d'ondes déterminée, le modèle vibratoire concomitant n'a pas de fréquence définie. L'ampleur de la fréquence dépend de la durée du modèle vibratoire, et, comme la théorie quantique associe la fréquence de l'onde à l'énergie de la particule, l'ampleur de la fréquence du modèle correspond à une incertitude quant à l'énergie de la particule.

Ainsi, l'incertitude quant à la localisation d'un événement dans le temps est-elle liée à une incertitude touchant l'énergie, de la même façon que l'incertitude quant à la localisation de la particule dans l'espace est liée à une incertitude sur le moment. Cela signifie que nous ne pouvons jamais connaître précisément à la fois l'instant auquel un événement se produit et l'énergie qu'il met en jeu. Les événements survenant à l'intérieur d'un court laps de temps impliquent une grande incertitude quant à l'énergie ; les événements mettant en jeu une quantité précise d'énergie peuvent être situés seulement à l'intérieur d'une longue période de temps.

L'importance fondamentale du principe d'incertitude est qu'il exprime les limites des notions classiques sous une forme mathématique précise. On l'a vu, le monde subatomique apparaît comme un tissu de relations entre les diverses parties d'un tout unifié. Nos idées classiques, provenant de notre expérience macroscopique ordinaire, ne sont pas complètement adéquates pour décrire ce monde. Tout d'abord, la notion d'une entité physique distincte, telle qu'une particule, est une idéalisation qui ne possède pas de signification fondamentale. Elle ne peut être définie qu'en fonction de ses rapports avec l'ensemble, et ces liens sont de nature statistique, probabilités plutôt que certitudes. Lorsque nous décrivons les propriétés d'une telle entité en fonction des concepts classiques tels que position, énergie, moment, etc., nous découvrons qu'il existe des couples de concepts corrélatifs, et indéfinissables simultanément de façon précise. Plus nous imposons un concept à l'objet physique, plus l'autre concept devient indéterminé, et la relation exacte entre les deux est donnée par le principe d'incertitude.

Afin de mieux comprendre cette relation entre les couples de concepts classiques, Niels Bohr a introduit la notion de complémentarité. Il considère l'image de la particule et celle de l'onde comme deux descriptions de la même réalité, chacune d'elles n'étant que partiellement juste et ayant un champ d'application limité. Chaque image est nécessaire pour donner une description complète de la réalité atomique, et toutes deux doivent être utilisées dans les limites fournies par le principe d'incertitude.

La notion de complémentarité est devenue essentielle à la façon dont les physiciens pensent la nature, et Bohr a souvent suggéré qu'elle pourrait être un concept utile également en dehors du champ de la physique ; en fait, l'idée de complémentarité s'est avérée extrêmement utile il y a deux mille cinq cents ans. Elle a joué un rôle essentiel dans la pensée

chinoise antique basée sur l'intuition que les concepts opposés sont associés dans un rapport polaire ou complémentaire. Les sages chinois représentaient cette complémentarité des opposés par les archétypes polaires *yin* et *yang* et voyaient dans leur relation réciproque l'essence de tous les phénomènes naturels et de toutes les situations humaines.

Niels Bohr était bien conscient du parallélisme entre son concept de complémentarité et la pensée chinoise. Lorsqu'il visita la Chine en 1937, à un moment où son interprétation de la théorie quantique était déjà complètement élaborée, il fut profondément impressionné par l'ancestrale idée chinoise de pôles opposés et, dès lors, il porta un vif intérêt à la culture extrême-orientale. Dix ans plus tard, Bohr fut fait chevalier en récompense de ses éminentes réalisations scientifiques et ses importantes contributions à la vie culturelle danoise ; et, lorsqu'il eut à choisir une arme pour son blason, son choix se porta sur le symbole chinois de *T'ai-Chi* représentant la relation complémentaire des archétypes opposés *yin* et *yang*. En choisissant ce symbole pour son blason avec la devise *Contraria sunt complementa* (« Les opposés sont complémentaires »), Niels Bohr reconnaissait la profonde harmonie entre l'ancienne sagesse extrême-orientale et la science moderne occidentale.

12
L'Espace-Temps

La physique moderne a confirmé de façon spectaculaire l'une des idées de base de la spiritualité extrême orientale : tous les concepts que nous employons pour décrire la nature sont limités, ce ne sont pas des caractéristiques de la réalité, comme nous avons tendance à le croire, mais des créations de l'esprit, parties de la carte et non du territoire. Toutes les fois que nous élargissons le domaine de notre expérience, les limitations de notre pensée rationnelle deviennent évidentes et nous devons modifier, voire abandonner, certaines de nos conceptions.

Nos notions d'espace et de temps figurent au premier plan de notre carte de la réalité. Elles servent à ordonner les choses et les événements dans notre environnement et revêtent par conséquent une importance souveraine non seulement dans notre vie quotidienne, mais aussi dans notre effort pour comprendre la nature par l'entremise de la science et de la philosophie. Il n'existe pas de loi physique qui ne requière pour sa formulation les concepts d'espace et de temps. La profonde modification de ces concepts de base opérée par la théorie de la relativité fut par conséquent l'une des plus grandes révolutions dans l'histoire des sciences.

La physique classique était fondée sur la double notion d'un espace à trois dimensions, absolu, indépendant des objets matériels qu'il contient et soumis aux lois de la géo-

métrie euclidienne, et d'un temps comme dimension distincte, lui aussi absolu et s'écoulant à un rythme constant, indépendamment du monde matériel. En Occident, ces notions d'espace et de temps étaient si profondément enracinées dans les esprits des philosophes et des savants qu'elles étaient tenues pour des propriétés véritables et incontestables de la nature.

La croyance que la géométrie est inhérente à la nature, plutôt que relevant du dispositif conceptuel que nous utilisons pour la décrire, trouve son origine dans la pensée grecque. La géométrie déductive constituait l'apanage des mathématiques grecques et eut une profonde influence sur la philosophie hellénique. Sa méthode, consistant à partir d'axiomes indémontrables pour en déduire les théorèmes par un raisonnement logique, devint caractéristique de la pensée philosophique grecque ; la géométrie était par conséquent au centre même de toutes les activités intellectuelles et formait la base de la formation philosophique. On dit que la porte de l'Académie de Platon à Athènes portait l'inscription : « Que nul n'entre ici s'il n'est géomètre. » Les Grecs croyaient que leurs théorèmes mathématiques étaient les expressions des vérités éternelles et immuables du monde réel, et que les formes géométriques étaient les manifestations d'une beauté absolue. Ils considéraient la géométrie comme la combinaison parfaite de la logique et de la beauté, et la croyaient ainsi d'origine divine. De là l'adage platonicien : « Dieu est géomètre. »

Puisque la géométrie était conçue comme la révélation du divin, de toute évidence, pour les Grecs, les cieux devaient présenter des formes géométriques parfaites. Ainsi les corps célestes devaient-ils se mouvoir selon un dessin circulaire. Pour présenter l'image de façon encore plus géométrique, on pensait qu'ils étaient disposés en une série de sphères cristallines concentriques se mouvant d'un bloc, ayant la Terre pour centre.

Durant les siècles suivants, la géométrie grecque continua d'exercer une forte influence sur la science et la philosophie occidentale. Les *Éléments* d'Euclide était un manuel classique dans les écoles européennes jusqu'au début de ce siècle, et, pendant plus de trois mille ans, on considéra la géométrie euclidienne comme représentation exacte de l'espace. Il fallut un Einstein pour que les scientifiques et les philosophes comprennent que la géométrie n'est pas inhérente à la nature mais lui est imposée par la pensée. Selon les mots d'Henri Margenau :

« La révélation centrale de la théorie de la relativité est

que la géométrie est une construction de l'esprit. C'est seulement lorsqu'on accepte cette découverte que l'esprit peut se sentir libre de toucher aux sacro-saintes notions d'espace et de temps, pour étudier le champ des possibilités dont il dispose pour les définir et choisir la formulation qui s'accorde à l'observation[1]. »

La philosophie orientale, à la différence de celle des Grecs, a toujours soutenu que l'espace et le temps sont des constructions de l'esprit. Les mystiques orientaux les considèrent comme les autres concepts intellectuels : relatifs, limités et illusoires. Dans un texte bouddhiste, par exemple, nous trouvons ces mots :

« Il fut enseigné par le Bouddha, ô moines, que le passé, l'avenir, l'espace physique et les individus ne sont rien que des mots, formes de la pensée, termes du sens commun, seulement des réalités superficielles[2]. »

Ainsi, en Extrême-Orient, la géométrie n'a jamais acquis le statut qu'elle eut dans l'ancienne Grèce, ce qui ne signifie pas pourtant que les Indiens et les Chinois en aient eu une faible connaissance. Ils s'en servaient beaucoup dans la construction des autels de formes géométriques précises, dans l'arpentage des terrains et dans la cartographie céleste, mais jamais pour constater des vérités abstraites et éternelles. Cette attitude philosophique se reflète également dans le fait que la science extrême-orientale ancienne ne trouvait généralement pas nécessaire d'ajuster la nature à un schéma de lignes droites et de cercles parfaits. Les commentaires de Joseph Needham sur l'astronomie chinoise sont à cet égard très intéressants :

« Les astronomes chinois n'éprouvaient pas le besoin de recourir à des formes géométriques. Les organismes composant l'organisme universel suivaient le Tao, chacun conformément à sa propre nature, et leurs mouvements pouvaient être étudiés sous la forme essentiellement « non représentative » de l'algèbre. Les Chinois étaient donc exempts de cette obsession des astronomes européens, du cercle comme la plus parfaite figure, et ne firent pas l'expérience du carcan médiéval des sphères cristallines[3]. »

1. Dans P. A. Schilpp (édit.), *Albert Einstein savant et philosophe (Albert Einstein Philosopher-Scientist)*, p. 250.

2. Madhyamika Karika Vrtti, cité par T. R. V. Murti, *La Philosophie centrale du bouddhisme (The Central Philosophy of Buddhism)*, p. 198.

3. J. Needham, *Science et civilisation en Chine (Science and Civilisation in China*, vol. III, p. 458.

Ainsi les anciens philosophes et hommes de science extrême-orientaux adoptaient déjà l'attitude qui est à la base de la théorie de la relativité, à savoir que nos notions géométriques ne sont pas des propriétés absolues et immuables de la nature, mais des constructions intellectuelles. Selon les termes d'Ashvaghosha : « Qu'il soit bien compris que l'espace n'est rien d'autre qu'un mode de spécification et qu'il n'a aucune existence réelle en lui-même. L'espace n'existe que relativement à notre conscience spécifiante[1]. »

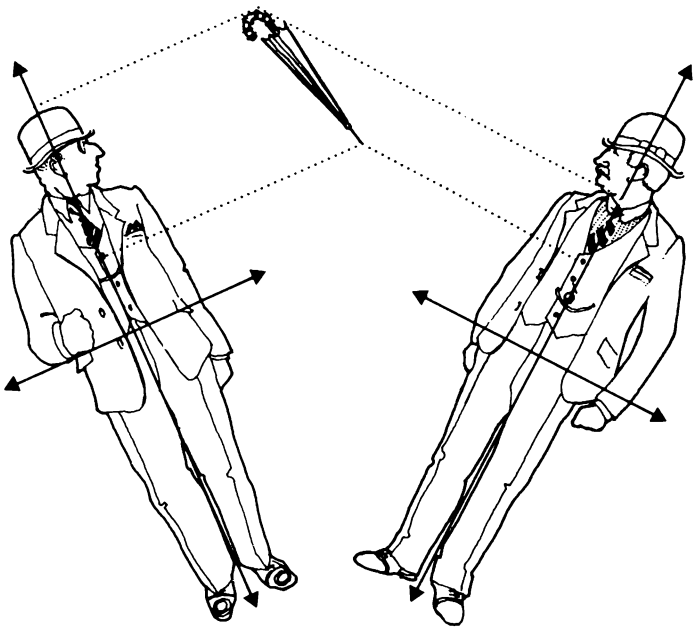
Il en va de même de notre idée du temps. Les mystiques orientaux relient les notions d'espace et de temps à des états particuliers de la conscience. Étant capables d'aller par-delà l'état ordinaire grâce à la pratique de la méditation, ils ont réalisé que les notions conventionnelles d'espace et de temps ne sont pas la réalité ultime. Les notions sophistiquées d'espace et de temps résultant de leurs expériences mystiques paraissent à bien des égards semblables aux notions de la physique moderne, particulièrement de la théorie de la relativité.

Quelle est donc cette nouvelle conception de l'espace et du temps qui émerge de la théorie de la relativité ? Elle se fonde sur la découverte que toutes les mesures de l'espace et du temps sont relatives. La relativité des caractéristiques spatiales n'a bien sûr, rien de nouveau. Il était bien connu avant Einstein que la position d'un corps dans l'espace ne peut être définie que par rapport à un autre corps. Une telle mesure est réalisée habituellement à l'aide de trois coordonnées et le point à partir duquel les coordonnées sont mesurées peut être nommé l'emplacement de l'observateur.

Pour illustrer la relativité de telles coordonnées, imaginons deux observateurs flottant dans l'espace et observant un parapluie, ainsi qu'il est figuré sur le dessin ci-contre L'observateur A voit le parapluie à sa gauche et légèrement incliné, de telle sorte que l'extrémité supérieure est plus proche de lui. L'observateur B voit le parapluie à sa droite, de telle sorte que l'extrémité supérieure est plus loin de lui. En étendant cet exemple bidimensionnel à trois dimensions, il devient clair que toutes les spécifications spatiales — telles que « gauche, droite, haut, bas, oblique », etc. — dépendent de la position de l'observateur et sont donc relatives. Cela était connu bien avant la théorie de la relativité. En ce qui concerne le temps, toutefois, la situation en physique classique était totalement différente. On supposait que l'ordre

1. Ashvaghosha, *L'Éveil de la foi (The Awakening of faith)*, p. 107.

temporel de deux événements était indépendant de tout observateur. On pensait que les spécifications relatives au temps — telles qu'« avant, après ou simultanément » — avaient une signification absolue, indépendante de tout système de coordonnées.



Deux observateurs, A et B, observant un parapluie.

Einstein découvrit que les spécifications temporelles, elles aussi, sont relatives et dépendent de l'observateur. Dans la vie quotidienne, l'impression que nous pouvons disposer les événements autour de nous en une séquence temporelle unique est produite par le fait que la vitesse de la lumière — 300 000 kilomètres seconde — est si élevée, comparée à n'importe quelle autre vitesse connue, que nous pouvons supposer que nous observons les événements à l'instant où ils surviennent. Cela toutefois, est incorrect. Il faut un certain temps à la lumière pour se déplacer du lieu de l'événement à l'observateur. Normalement, ce temps est si bref qu'on peut considérer que la propagation de la lumière est instantanée ; mais quand l'observateur bouge à une vitesse élevée par rapport au phénomène observé, le laps de temps entre l'appari-

tion d'un événement et son observation joue un rôle décisif dans l'établissement d'un ordre d'événements. Einstein réalisa qu'en un tel cas des observateurs se déplaçant à différentes vitesses ordonneront les événements différemment dans le temps*. Deux événements perçus comme survenant simultanément par un observateur peuvent se produire selon des séquences temporelles différentes pour d'autres. Aux vitesses ordinaires, les différences sont si minimes qu'elles ne peuvent être repérées, mais lorsque les vitesses approchent celle de la lumière, elles donnent naissance à des effets mesurables. En physique des hautes énergies, où les événements sont des interactions entre les particules se déplaçant presque à la vitesse de la lumière, la relativité du temps est bien établie et a été confirmée par d'innombrables expériences**.

La relativité du temps nous oblige aussi à abandonner la notion newtonienne d'un espace absolu. On concevait un tel espace comme contenant à chaque instant une configuration définie de matière, mais maintenant que cette simultanéité est jugée relative, dépendant du mouvement de l'observateur, il n'est désormais plus possible de déterminer un tel instant pour l'ensemble de l'univers. Un événement lointain survenant pour un observateur à un instant particulier peut advenir plus tôt ou plus tard pour un autre observateur. Il est par conséquent impossible de parler de « l'univers à un instant donné » d'une façon absolue : il n'existe pas d'espace absolu indépendant de l'observateur.

La théorie de la relativité a donc révélé que toutes les mesures mettant en jeu l'espace et le temps perdent leur signification absolue ; elle nous a forcés à abandonner les notions classiques d'un espace et d'un temps absolus. L'importance capitale de ce fait nouveau a été clairement exprimée par Mendel Sachs dans les termes suivants :

« La véritable révolution qui eut lieu avec la théorie d'Einstein consista à abandonner l'idée que le système de coordonnées espace/temps est porteur d'une signification objective, en tant qu'entité physique distincte. Au lieu de cette idée, la théorie de la relativité implique que les coordonnées de l'espace et du temps ne sont que les éléments

* Pour déduire ce résultat, il est essentiel de tenir compte du fait que la vitesse de la lumière est la même pour tous les observateurs.

** Remarquez que, dans ce cas, l'observateur est au repos dans son laboratoire, mais les cas qu'il observe sont causés par des particules se mouvant à différentes vitesses. L'effet est le même. Ce qui compte, c'est le mouvement relatif de l'observateur par rapport aux cas observés, et non par rapport au laboratoire.

d'un langage utilisé par un observateur pour décrire son environnement [1]. »

Cette déclaration d'un physicien contemporain montre l'affinité étroite existant entre les notions d'espace et de temps en physique moderne et celles professées par les mystiques orientaux qui disent, ainsi qu'il en a été fait mention, qu'espace et temps ne sont rien que des mots, des formes de la pensée, des termes du sens commun.

Puisque l'espace et le temps sont désormais réduits au rôle subjectif d'éléments du langage qu'utilise un observateur particulier pour décrire des phénomènes naturels, chaque observateur décrira les phénomènes d'une façon différente. Afin d'abstraire quelques lois naturelles universelles de ces descriptions, il doit les formuler de telle sorte qu'elles revêtent la même forme dans tous les systèmes de coordonnées, c'est-à-dire pour tous les observateurs dans des positions arbitraires et des mouvements relatifs. Cette exigence est nommée principe de la relativité et fut, en fait, le point de départ de la théorie de la relativité. Il est intéressant que le germe de la théorie de la relativité ait été contenu dans un paradoxe qui apparut à Einstein lorsqu'il avait seulement seize ans. Il essaya d'imaginer comment un rayon de lumière apparaîtrait à un observateur se propulsant comme lui à la vitesse de la lumière, et il conclut qu'un tel observateur verrait le rayon de lumière comme un champ électromagnétique oscillant d'avant en arrière sans bouger, c'est-à-dire sans dessiner une onde. Un tel phénomène, toutefois, est inconnu en physique. Il parut donc au jeune Einstein que ce qui était considéré par un observateur comme un phénomène électromagnétique bien connu, c'est-à-dire une onde lumineuse, apparaîtrait à un autre observateur comme un phénomène contredisant les lois de la physique, et cela, il ne pouvait l'accepter. Dans les années suivantes Einstein réalisa que le principe de relativité pouvait être observé dans la description des phénomènes électromagnétiques seulement si toutes les spécifications spatio-temporelles étaient relatives. Les lois de la mécanique, qui régissent les phénomènes associés aux corps mobiles, et les lois de l'électrodynamique, la théorie de l'électricité et du magnétisme, peuvent donc être formulées dans une structure « relativiste » commune qui incorpore le temps aux trois coordonnées spatiales comme une quatrième coordonnée devant être déterminée relativement à l'observateur.

1. M. Sachs, « Espace-Temps et Interactions élémentaires dans la relativité » (Space Time and Elementary Interactions in Relativity), *La Physique aujourd'hui*, vol. XXII (février 1969), p. 53.

Afin de vérifier si le principe de relativité est respecté, c'est-à-dire si les équations d'une théorie demeurent les mêmes dans tous les systèmes de coordonnées, on doit naturellement pouvoir transférer les spécifications spatio-temporelles d'un système de coordonnées, ou « système de références », à l'autre. De tels transferts ou « conversions », comme on les nomme, étaient déjà bien connus et largement utilisés en physique classique. La transformation entre les deux systèmes de référence représentés plus haut, par exemple, exprime chacune des deux coordonnées de l'observateur A (l'une horizontale et l'autre verticale), ainsi qu'il est indiqué par les pointes de la flèche, comme une combinaison des coordonnées de l'observateur B, et vice versa. Les expressions exactes peuvent être aisément obtenues à l'aide de la géométrie élémentaire.

En physique relativiste, une nouvelle situation se présente parce que le temps est ajouté aux trois coordonnées spatiales en tant que quatrième dimension. Puisque les conversions entre les différents systèmes de références expriment chaque coordonnée d'un système comme une combinaison des coordonnées d'un autre système, une coordonnée spatiale dans un système apparaîtra en général dans un autre système comme composée de coordonnées spatio-temporelles. Cela est, à vrai dire, une situation entièrement nouvelle. Chaque modification de systèmes de coordonnées mêle espace et temps d'une manière mathématiquement définie. Les deux, par conséquent, ne peuvent dès lors plus être séparés, car ce qui est espace pour un observateur sera une combinaison d'espace et de temps pour un autre. La théorie de la relativité a révélé que l'espace n'est pas tridimensionnel et que le temps n'est pas une entité distincte. Tous deux sont intimement et inséparablement reliés et forment un continuum quadridimensionnel nommé « Espace-Temps ». Cette notion d'Espace-Temps fut introduite par Hermann Minkovski dans sa célèbre conférence de 1908, dans les termes suivants :

« Les conceptions de l'espace et du temps que j'aimerais vous exposer sont nées sur le terrain de la physique expérimentale, et en cela réside leur force. Elles sont radicales. Désormais l'espace en soi et le temps en soi sont condamnés à s'évanouir comme des ombres, et seule une sorte d'union des deux gardera une réalité indépendante[1]. »

Les concepts d'espace et de temps sont si fondamentaux pour la description des phénomènes naturels que leur modifi-

1. Dans A. Einstein *et al.*, *Le Principe de relativité (The Principle of Relativity)*, p. 75.

cation entraîne une altération de toute la structure que nous utilisons en physique pour décrire la nature. Dans ce cadre nouveau, l'espace et le temps sont traités sur un pied d'égalité et sont inséparables. En physique relativiste, nous ne pouvons jamais parler de l'espace sans parler du temps, et réciproquement. Cette nouvelle structure doit être utilisée chaque fois que sont décrits des phénomènes impliquant des vitesses élevées.

Le lien intime entre espace et temps était bien connu en astronomie, dans un contexte différent, longtemps avant la théorie de la relativité. Les astronomes et les astrophysiciens ont affaire à des distances extrêmement élevées et, là encore, le fait qu'il faille à la lumière quelque temps pour se propager de l'objet observé à l'observateur est important. A cause de la vitesse de la lumière, l'astronome ne considère jamais l'univers dans son état présent, mais fait toujours un retour sur le passé. Il faut à la lumière huit minutes pour se propager du Soleil à la Terre, et donc nous voyons le Soleil, à tout instant, tel qu'il était huit minutes auparavant. De même, nous voyons la plus proche étoile telle qu'elle existait quatre ans auparavant, et, avec nos puissants télescopes, nous pouvons voir des galaxies telles qu'elles étaient il y a des millions d'années.

La vitesse déterminée de la lumière n'est en aucune façon un handicap pour les astronomes, mais un grand avantage. Elle leur permet d'observer toutes les phases de l'évolution des étoiles, des constellations ou des galaxies, en observant dans l'Espace-Temps. Tous les types de phénomènes advenus durant les millions d'années passées peuvent être observés effectivement dans le ciel. Les astronomes sont donc habitués à l'importance du lien entre espace et temps. Ce que nous apprend la théorie de la relativité est que ce lien est important non seulement lorsque nous nous occupons de grandes distances, mais également lorsque nous nous occupons de vitesses élevées. Même ici, sur Terre, la mesure de n'importe quelle distance n'est pas indépendante du temps, parce qu'elle implique le mouvement de l'observateur, et donc une référence au temps.

L'unification de l'espace et du temps entraîne — comme on l'a vu dans le chapitre précédent — une unification des autres concepts de base, et cet aspect unificateur est le trait le plus caractéristique de la structure relativiste. Des notions qui semblaient totalement sans rapport dans la physique non relativiste sont perçues maintenant comme n'étant que les différents aspects d'un seul et même concept. Cette particula-

rité donne à la structure relativiste une grande élégance mathématique. De nombreuses années de travail sur la théorie de la relativité nous on fait apprécier cette aisance et devenir tout à fait familier avec le formalisme mathématique. Toutefois, cela n'a pas beaucoup amélioré notre intuition. Nous n'avons pas une expérience sensorielle directe de l'Espace-Temps quadridimensionnel, ni des autres concepts relativistes. Chaque fois que nous étudions des phénomènes impliquant des vitesses élevées, nous trouvons très difficile de traiter ces concepts à la fois au niveau intuitif et en langage courant.

Par exemple, il était admis en physique classique que des baguettes en mouvement et au repos avaient la même longueur. La théorie de la relativité a montré que cela n'est pas vrai. La longueur d'un objet dépend de son mouvement par rapport à l'observateur et elle change avec la vitesse de ce mouvement. Une baguette a sa longueur maximale dans un système de références où elle est au repos, et elle devient plus courte avec l'augmentation de la vitesse par rapport à l'observateur. Dans les expériences de « diffraction » en physique des hautes énergies, où les particules entrent en collision à des vitesses extrêmement élevées, la contraction relative est si grande que les particules sphériques sont aplaties comme des crêpes.

Il est important de réaliser que cela n'a aucun sens de demander quelle est la taille « réelle » d'un objet, tout comme il n'y a aucun sens, dans la vie quotidienne, à demander la taille réelle de l'ombre de quelqu'un. L'ombre est une projection de points d'un espace tridimensionnel à un plan à deux dimensions, et sa longueur est différente suivant les divers systèmes de référence.

Ce qui est vrai des longueurs l'est également des intervalles de temps. Eux aussi dépendent du système de référence mais, contrairement aux distances spatiales, ils deviennent plus longs lorsque la vitesse relative à l'observateur augmente. Cela veut dire que des aiguilles de montres en mouvement tournent plus lentement, le temps ralentit. Ces horloges peuvent être de types variés : pendules mécanique, électroniques, ou le battement d'un cœur humain. Si de deux jumeaux l'un effectuait un rapide aller et retour dans l'espace, il serait plus jeune que son frère lorsqu'il reviendrait, parce que tous ses « mécanismes » (organiques), son rythme cardiaque, son flux sanguin, ses ondes cérébrales, etc. auraient ralenti durant le voyage, du point de vue de l'homme sur Terre. Le voyageur lui-même, bien entendu, n'aurait rien remarqué

d'inhabituel, mais, à son retour, il aurait soudain réalisé que son frère jumeau était maintenant beaucoup plus âgé. Ce « paradoxe des jumeaux » est peut-être le plus célèbre de la physique moderne. Il a provoqué des discussions animées dans les journaux scientifiques, dont quelques-unes se poursuivent encore ; c'est une preuve éloquente du fait que la réalité décrite par la théorie de la relativité ne peut être saisie par notre compréhension ordinaire.

Le ralentissement des montres en mouvement, aussi incroyable que cela semble, est confirmé par la physique des particules. La plupart des particules subatomiques sont instables, c'est-à-dire se désintègrent après un certain temps en d'autres particules. De nombreuses expérimentations ont confirmé le fait que la durée de vie* d'une particule instable dépend de son mouvement. Elle augmente avec la vitesse de la particule. Des particules se déplaçant à 80 % de la vitesse de la lumière vivent environ 1,7 fois plus que leurs « sœurs jumelles » lentes, et à 99 % de la vitesse de la lumière elles vivent environ sept fois plus longtemps. Cela, une fois encore, ne signifie pas que la vie intrinsèque de la particule soit modifiée. Du point de vue de la particule, sa durée de vie est toujours la même mais, du point de vue de l'observateur en laboratoire, le « mécanisme interne » de la particule a ralenti, et donc elle vit plus longtemps.

Tous ces effets relativistes ne semblent étranges que parce que nous ne pouvons expérimenter l'Espace-Temps quadridimensionnel avec nos sens, mais pouvons seulement observer ses représentations tridimensionnelles. Ces images ont différents aspects dans différents systèmes de référence ; des objets mobiles semblent différents des objets au repos, et des horloges en mouvement marchent à différentes vitesses. Ces effets sembleront paradoxaux si nous ne comprenons pas qu'ils sont seulement les projections de phénomènes tridimensionnels. Si nous pouvions visualiser la réalité quadridimensionnelle Espace-Temps, il n'y aurait plus rien de paradoxal.

Les mystiques orientaux semblent capables de parvenir à des états de conscience non ordinaires dans lesquels ils transcendent le monde à trois dimensions de la vie quotidienne pour faire l'expérience d'une réalité multidimensionnelle plus

* Un détail technique devrait peut-être être mentionné. Lorsque nous parlons de la durée de vie d'une particule instable, nous voulons toujours dire la durée de vie moyenne. Étant donné le caractère statistique de la physique atomique, nous ne pouvons nous occuper des particules individuellement.

élevée. Ainsi Aurobindo parle-t-il d'un « changement subtil qui donne au regard la vision d'une sorte de quatrième dimension[1] ». Les dimensions de ces états de conscience peuvent ne pas être les mêmes que celles dont nous traitons en physique relativiste, mais il est frappant qu'elles aient conduit les mystiques à des notions d'espace et de temps très similaires de celles qu'implique la théorie de la relativité.

Dans la spiritualité orientale, il semble exister une forte intuition du caractère spatio-temporel de la réalité. Le fait que l'espace et le temps sont inséparablement liés, si caractéristique de la physique relativiste, y fut souligné maintes et maintes fois. Cette notion intuitive de l'espace et du temps a, peut être, trouvé sa plus claire expression et son élaboration de plus longue portée dans le bouddhisme, et en particulier dans l'école Avatamsaka du bouddhisme Mahayana. Le sutra Avatamsaka, sur lequel se fonde cette école, donne une description imagée de la manière dont le monde est expérimenté dans l'état d'illumination. La conscience d'une « interpénétration de l'espace et du temps » — une parfaite expression pour décrire l'Espace-Temps — est soulignée à plusieurs reprises dans le sutra et considérée comme une caractéristique essentielle de la condition de l'illumination. Selon D. T. Suzuki : « La signification de l'Avatamsaka et de sa philosophie est inintelligible, sauf si nous faisons l'expérience d'un état de complète dissolution où n'existe plus de distinction entre esprit et corps, sujet et objet. Nous regardons autour de nous et voyons que chaque objet est relié à chaque autre objet, non seulement spatialement, mais temporellement. C'est un fait de pure expérience, il n'existe pas d'espace sans temps ; pas de temps sans espace ; ils s'interpénètrent[2]. »

On pourrait difficilement trouver une meilleure description du concept relativiste d'Espace-Temps. En comparant l'énoncé de Suzuki à celui, cité auparavant, de Minkowski, il est également intéressant de noter que tous deux, le physicien et le philosophe bouddhiste, soulignent le fait que leurs notions d'Espace-Temps sont fondées sur l'expérience, scientifique dans un cas, et spirituelle dans l'autre.

Selon moi, l'intuition du temps dans la spiritualité orientale est l'une des principales raisons pour lesquelles ses conceptions de la nature semblent correspondre, en général,

1. S. Aurobindo, *La Synthèse du yoga (The Synthesis of Yoga)*, p. 993.
2. D. T. Suzuki, *Préface au bouddhisme Mahayana de B. L. Suzuki (Preface to B. L. Suzuki, Mahayana Buddhism)*, p. 33.

beaucoup mieux aux conceptions scientifiques modernes que ne le font celles de la plupart des philosophes grecs. En Grèce, la philosophie de la nature était, dans l'ensemble, essentiellement statique et fondée en grande partie sur des considérations géométriques. Elle était, pourrait-on dire, extrêmement non relativiste, et sa forte influence sur la pensée occidentale peut bien être l'une des raisons pour lesquelles nous avons de si grandes difficultés à l'égard des modèles relativistes en physique moderne. Les philosophies orientales, en revanche, sont des philosophies de l'Espace-Temps, et de ce fait leurs intuitions sont souvent très proches des conceptions de la nature découlant de nos théories relativistes.

A cause de la conscience que l'espace et le temps sont liés et s'interpénètrent intimement, les conceptions du monde de la physique moderne et de la spiritualité orientale sont toutes deux des vues intrinsèquement dynamiques qui approchent le temps et l'espace en tant qu'éléments essentiels. Ce point sera examiné en détail dans le chapitre suivant et constitue le second thème essentiel récurrent de cette comparaison de la physique et de la spiritualité orientale, le premier étant l'unité de tous les événements. En étudiant les modèles relativistes et les théories de la physique moderne, nous verrons qu'ils sont tous des illustrations impressionnantes des deux éléments de base de la vision du monde oriental — l'unité fondamentale de l'univers et son caractère intrinsèquement dynamique.

La théorie de la relativité dont il a été question ici est connue sous le nom de « théorie de la relativité restreinte ». Elle fournit un cadre commun à la description du phénomène associé aux corps mobiles, et à l'électricité et au magnétisme, ses traits fondamentaux étant la relativité de l'espace et du temps et leur unification dans l'Espace-Temps quadridimensionnel.

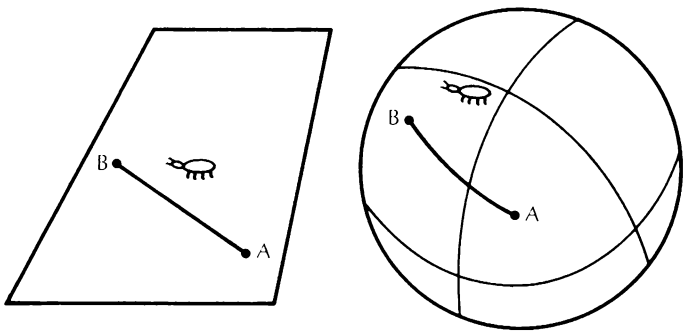
Dans la « théorie de la relativité générale », le cadre de la théorie restreinte est étendu afin d'inclure la gravitation. Les effets de la gravité, selon la relativité générale, consistent à incurver l'Espace-Temps.

Cela encore, est extrêmement difficile à imaginer. Nous pouvons aisément imaginer une surface courbe à deux dimensions, comme celle d'un œuf, car nous pouvons voir de telles surfaces courbes dans un espace bidimensionnel. La signification du mot « courbure » pour les surfaces courbes bidimensionnelles est donc claire ; mais en passant à l'espace tridimensionnel, sans parler de l'Espace-Temps quadridimensionnel, notre imagination nous abandonne. Puisque nous ne

pouvons voir l'espace tridimensionnel de l'« extérieur » nous ne pouvons imaginer comment il peut être « incurvé ».

Pour comprendre la signification de l'Espace-Temps courbe, nous devons prendre des surfaces courbes à deux dimensions comme analogies. Imaginons, par exemple, la surface d'une sphère. Le fait décisif qui rend possible l'analogie est que la courbure est une propriété intrinsèque de cette surface et peut être mesurée sans recours à l'espace tridimensionnel. Un insecte à deux dimensions fixé sur la surface de la sphère, et incapable de faire l'expérience de l'espace tridimensionnel, peut néanmoins découvrir que la surface sur laquelle il vit est courbe, à condition qu'il puisse effectuer des mesures géométriques.

Pour voir comment cela fonctionne, nous devons comparer la géométrie de notre insecte sur la sphère avec celle d'un insecte semblable vivant sur une surface plane*. Supposons que les deux insectes commencent leur étude géométrique en dessinant une ligne droite, définie comme le chemin le plus court entre deux points. Le résultat est montré ci-dessous.

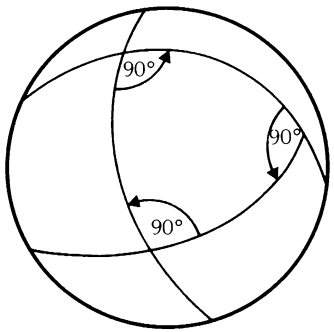


Dessin d'une « ligne droite » sur un plan et sur une sphère.

Nous voyons que l'insecte sur la surface plane a dessiné une ligne très droite ; mais qu'a fait l'insecte sur la sphère ? Pour lui, la ligne qu'il a tracée est la plus courte possible entre les deux points A et B, puisque n'importe quelle autre ligne qu'il pourrait dessiner serait plus longue ; mais, de notre point de vue, nous reconnaissons qu'elle est courbe (un arc de grand cercle, pour être exact). Maintenant supposons que les deux

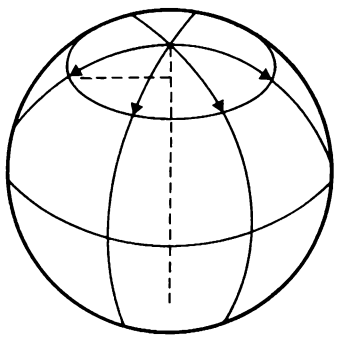
* Les exemples suivants sont tirés de R. P. Feynman, R. B. Leighton et M. Sands, *Les Cours de physique de Feynman*, Reading (Mass), Addison-Wesley, 1966, vol. I, chap. XLII (il existe une édition bilingue en France).

insectes étudient les triangles. L'insecte sur le plan découvrira que les trois angles d'un triangle quelconque totalisent deux angles droits, c'est-à-dire 180 degrés ; mais l'insecte sur la sphère découvrira que la somme des angles de ses triangles est toujours supérieure à 180 degrés. Pour des petits triangles, le supplément est faible, mais il augmente quand les triangles deviennent plus grands et, dans le cas extrême, notre insecte sur la sphère sera même capable de dessiner des triangles à trois angles droits. Finalement laissons les deux insectes dessiner des cercles et mesurons leurs circonférences.



Sur une sphère, un triangle peut posséder trois angles droits.

L'insecte sur le plan trouvera que la circonférence est toujours égale à $2 \pi r$ (r = rayon), indépendamment de la taille du cercle. L'insecte sur la sphère, de son côté, observera que la circonférence est toujours inférieure à $2 \pi r$. Ainsi qu'on peut le voir sur la figure ci-dessous, notre point de vue tridimensionnel nous permet de constater que ce que l'insecte appelle le rayon du cercle est en fait une courbe, toujours plus longue que le véritable rayon du cercle.



Dessin d'un cercle sur une sphère.

Si les deux insectes continuent à étudier la géométrie, celui sur le plan devrait découvrir les axiomes et les lois de la géométrie euclidienne, mais son collègue sur la sphère découvrira des lois différentes. La différence sera minime pour de petites figures géométriques, mais augmentera lorsque la figure deviendra plus grande. L'exemple des deux insectes montre que nous pouvons toujours déterminer si une surface est courbe ou non, simplement en effectuant des mesures géométriques à sa surface et en comparant les résultats avec ceux annoncés par la géométrie euclidienne. S'il y a une divergence, la surface est courbe ; et, plus grande est la divergence — pour une dimension de figure donnée, plus forte est la courbure.

De la même façon, nous pouvons définir un espace courbe tridimensionnel dans lequel la géométrie euclidienne n'est plus valide. Les lois de la géométrie dans un tel espace seront d'un type différent, non euclidien. Une telle géométrie non euclidienne fut introduite au XIX^{e} siècle par le mathématicien Bernhart Riemann, comme une idée mathématique purement abstraite, et n'était pas estimée pour plus que cela, jusqu'à ce qu'Einstein émît la suggestion révolutionnaire que l'espace tridimensionnel dans lequel nous vivons est effectivement courbe. Selon la théorie d'Einstein, la courbure de l'espace est due aux champs gravitationnels des corps massifs.

Partout où il y a un corps massif, l'espace alentour est courbe, et le degré de courbure, c'est-à-dire le degré auquel la géométrie s'écarte de celle d'Euclide, dépend de la masse de l'objet.

Les équations rapportant la courbure de l'espace à la répartition de la matière dans cet espace sont nommées « champs d'équations d'Einstein ». Elles peuvent être appliquées non seulement pour déterminer les variations locales de la courbure à proximité des étoiles et des planètes, mais également pour découvrir s'il y a une courbure de l'espace dans son ensemble. En d'autres termes, les équations d'Einstein peuvent être utilisées pour déterminer la structure de l'univers entier. Malheureusement, elles n'apportent pas une réponse univoque. Plusieurs solutions mathématiques des équations sont possibles, et ces solutions constituent les divers modèles de l'univers étudiés en cosmologie, dont certains seront examinés dans le chapitre suivant. Déterminer ceux qui sont conformes à la structure réelle de notre univers, telle est la tâche principale de la cosmologie actuelle.

Puisque l'espace ne peut jamais être séparé du temps dans

la théorie de la relativité, la courbure déterminée par la gravité ne peut être limitée à l'espace tridimensionnel, mais doit être étendue à l'Espace-Temps quadridimensionnel et c'est, en effet, ce que prévoit la théorie générale de la relativité. Dans un Espace-Temps courbe, les distorsions causées par la courbure affectent non seulement les relations spatiales décrites par la géométrie, mais aussi la longueur des intervalles temporels. Le temps ne s'écoule pas à la même allure que dans l'Espace-Temps « plat », et, de même que la courbure varie de place en place, selon la répartition des corps massifs, ainsi fait le flux temporel. Il est important de réaliser, toutefois, que cette variation de l'écoulement du temps ne peut être perçue que par un observateur demeurant à une place différente des chronomètres utilisés pour mesurer la variation. Si l'observateur, par exemple, s'était rendu à un endroit où le temps passe plus lentement, toutes ses horloges auraient ralenti également et il n'aurait aucun moyen d'en mesurer l'effet.

Dans notre environnement terrestre, les effets de la gravité sur l'espace et le temps sont si faibles qu'ils sont insignifiants, mais dans l'astrophysique, qui s'occupe de corps extrêmement massifs, tels que les planètes, les étoiles et les galaxies, la courbure de l'Espace-Temps est un phénomène important. Toutes les observations ont jusqu'à présent confirmé la théorie d'Einstein et nous obligent donc à croire que l'Espace-Temps est vraiment courbe. Les effets les plus extrêmes de la courbure de l'Espace-Temps deviennent apparents pendant l'implosion gravitationnelle d'une étoile massive. Selon les idées courantes en astrophysique, chaque étoile atteint dans son évolution un stade où elle s'effondre intérieurement à cause de l'attraction gravitationnelle mutuelle de ses particules. Puisque cette attraction augmente rapidement tandis que la distance entre les particules diminue, la désintégration est accélérée, et, si l'étoile est suffisamment lourde, c'est-à-dire si sa masse est plus de deux fois supérieure à celle du Soleil, aucun processus connu ne peut empêcher l'effondrement de se poursuivre indéfiniment.

Tandis que l'étoile se contracte et devient de plus en plus dense, la force de gravité à sa surface devient de plus en plus forte, et par conséquent l'Espace-Temps autour d'elle devient de plus en plus courbe. A cause de la force de gravité croissante à la surface de l'étoile, il devient de plus en plus difficile d'y échapper, et par suite l'étoile atteint une phase où rien — pas même la lumière — ne peut échapper de sa surface. A ce stade, nous disons qu'un « horizon d'événements »

se forme autour de l'étoile, car aucun signal ne peut être émis pour communiquer quelque événement au monde extérieur. L'espace autour de l'étoile est alors si fortement courbé que toute la lumière y est enfermée et ne peut s'échapper. Nous ne sommes pas en mesure de voir une telle étoile, sa lumière ne peut jamais nous atteindre et pour cette raison elle est nommée « trou noir ». L'existence de trous noirs fut pressentie à l'aube même de la formulation de la théorie de la relativité, dès 1916, et ceux-ci ont fait l'objet ces derniers temps de beaucoup d'attention parce que quelques phénomènes stellaires récemment découverts sembleraient indiquer l'existence d'une étoile géante tournant autour d'une partenaire invisible qui pourrait bien être un trou noir.

Les trous noirs sont parmi les objets les plus mystérieux et les plus fascinants étudiés par l'astrophysique moderne et illustrent les effets de la théorie de la relativité de la façon la plus spectaculaire. La forte courbure de l'Espace-Temps autour d'eux empêche non seulement tout leur rayonnement de nous atteindre, mais exerce un effet également frappant sur le temps. Si une horloge émettant des signaux était fixée à la surface de l'étoile en cours de désagrégation, nous observerions que ces signaux ralentissent à mesure que l'étoile approche de l'horizon d'événements. Par conséquent, la disparition totale de l'étoile prend un temps infini. Pour l'étoile elle-même, toutefois, il ne se passe rien d'étrange lorsqu'elle disparaît par-delà l'horizon d'événements. Le temps continue à s'écouler normalement et la disparition survient après une période déterminée, lorsque l'étoile s'est contractée jusqu'à un point de densité infinie. Ainsi combien dure réellement l'implosion, un temps fini ou un temps infini ? Dans le monde de la théorie de la relativité, une telle question n'a pas de sens. La durée de désintégration d'une étoile, comme tout autre laps de temps, est relative et dépend du système de références de l'observateur.

Dans la théorie de la relativité générale, les concepts classiques d'espace et de temps comme entités absolues et indépendantes sont totalement abolis. Non seulement toutes les mesures mettant en jeu l'espace et le temps sont relatives, dépendantes du mouvement de l'observateur, mais la structure de l'Espace-Temps dans son ensemble est inextricablement liée à la répartition de la matière. L'espace se courbe à différents degrés et le temps s'écoule à différentes vitesses dans les diverses parties de l'univers. Nous en sommes par conséquent arrivés à comprendre que nos notions d'espace

euclidien tridimensionnel et de temps s'écoulant linéairement sont bornées à notre expérience ordinaire du monde physique et doivent être complètement abandonnées lorsque nous élargissons cette expérience.

Les sages orientaux parlent, eux aussi, d'une expansion de leur expérience du monde à des niveaux plus élevés de conscience, et ils affirment que ces états impliquent une expérience radicalement différente de l'espace et du temps. Ils soulignent non seulement que la pratique de la méditation leur permet de transcender l'espace tridimensionnel ordinaire, mais également — et même avec plus de force — que leur conscience ordinaire du temps est dépassée. Au lieu d'une succession linéaire d'instants, ils font l'expérience — disent-ils — d'un présent infini, éternel et cependant dynamique. Dans les passages suivants, trois maîtres spirituels orientaux parlent de l'expérience de ce « maintenant éternel » : Tchouang-tseu, le sage taoïste ; Houeï-neng, le sixième patriarche Zen ; et D. T. Suzuki, l'érudit bouddhiste contemporain.

« Oublions la marche du temps ; oublions la lutte des opinions. Appelons-en à l'infini, et prenons-y place[1]. »

Tchouang-tseu.

« La tranquillité absolue est l'instant présent. Bien qu'il soit maintenant, il n'a pas de limite, et en cela est la joie éternelle[2]. »

Houei-Neng.

« Dans le monde spirituel, il n'existe pas de divisions du temps telles que passé, présent et futur, car ils se sont résorbés en un seul instant présent où l'existence vibre de son sens véritable. Le passé et le futur sont tous deux mêlés dans cet instant présent de l'illumination, qui n'est pas immobile avec tous ses contenus, car il se meut sans cesse[3]. »

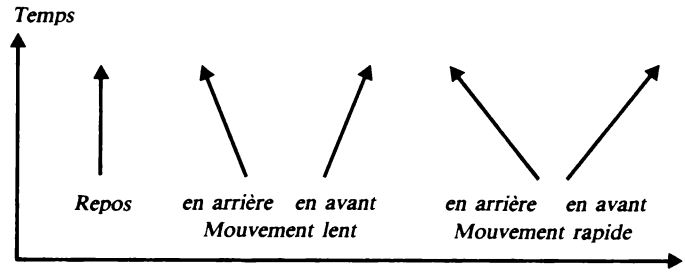
D. T. Suzuki.

Parler de l'expérience d'un présent éternel est presque impossible, car tous les mots tels qu'« éternel », « présent », « passé », « instant », etc., renvoient à des notions conventionnelles du temps. Il est par conséquent extrêmement diffi-

1. *Tchouang-tseu*, trad. James Legge, chap. II.
2. Cité dans A. W. Watts, *Le Bouddhisme zen (The Way of Zen)*, p. 201.
3. D. T. Suzuki, *Le Bouddhisme Mahayana indien (On Indian Mahayana Buddhism)*, p. 148-149.

cile de comprendre ce que les maîtres spirituels veulent dire dans de tels passages ; mais, là encore, la physique moderne peut faciliter la compréhension ; elle peut servir à montrer graphiquement comment ces théories transcendent les notions ordinaires de temps.

En physique relativiste, l'histoire d'un objet, disons d'une particule, peut être représentée par ce qui est appelé un « diagramme spatio-temporel » (voir figure ci-dessous). Dans ces diagrammes, l'abscisse représente l'espace*, et l'ordonnée, le temps. La course de la particule à travers l'espace-temps est nommée sa trajectoire. Si la particule est au repos, elle bouge néanmoins dans le temps, et sa trajectoire est, dans ce cas, une ligne verticale droite. Si la particule bouge dans l'espace, sa trajectoire sera inclinée ; plus grande est l'inclinaison de la trajectoire, plus rapide est le mouvement de la particule. Notons que les particules se déplacent seulement en montant dans le temps, mais peuvent bouger en arrière ou en avant dans l'espace. Leurs trajectoires peuvent être inclinées vers l'horizontale à divers degrés, mais ne peuvent jamais devenir complètement horizontales, puisque cela signifierait qu'une particule se déplace d'un lieu à l'autre en une durée de temps nulle.

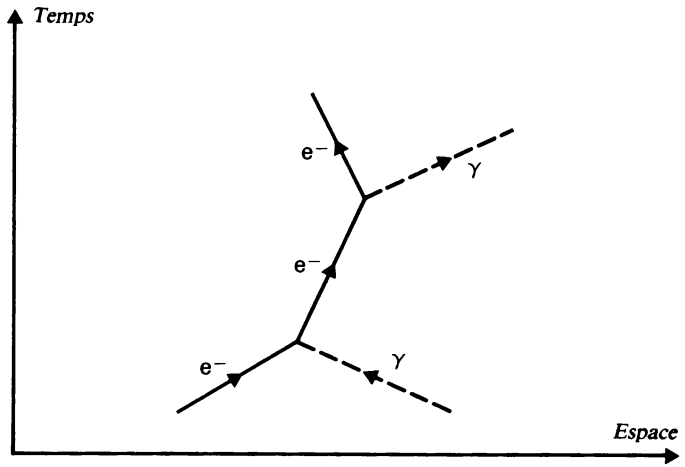


Trajectoire des particules

Les diagrammes spatio-temporels sont utilisés en physique relativiste pour représenter les interactions entre les diverses particules. Pour chaque processus, nous pouvons dessiner un diagramme et y associer une expression mathématique précise qui nous donne la probabilité d'existence du processus. Le processus de collision ou « dispersion » entre un électron et un photon, par exemple, peut être représenté par un dia-

* L'espace, dans ces diagrammes, a seulement une dimension ; les deux autres dimensions ont dû être supprimées pour rendre possible un diagramme plat.

gramme tel que celui ci-dessous. On lit ce diagramme de la façon suivante (de bas en haut selon la direction temporelle) : un électron (figuré par e^- à cause de sa charge négative) entre en collision avec un photon (figuré par γ « gamma ») ; le photon est absorbé par l'électron qui continue sa course à une vitesse différente (inclinaison différente de la trajectoire) ; après un moment, l'électron rejette le photon et inverse sa trajectoire.

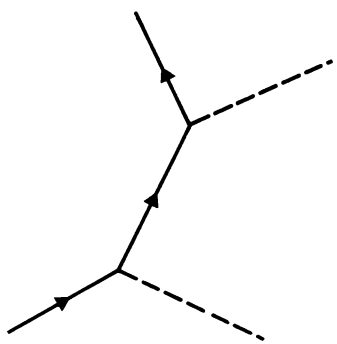


Dispersion électron-photon

La théorie qui sert de cadre à ces diagrammes spatio-temporels et aux expressions mathématiques qui leur sont associées est appelé « théorie quantique des champs ». C'est l'une des principales théories relativistes de la physique moderne dont les concepts de base seront examinés plus tard. Pour notre étude des diagrammes spatio-temporels, il suffira de connaître deux traits caractéristiques de la théorie. Le premier est le fait que toutes les interactions impliquent la création et la destruction de particules, comme l'absorption et l'émission du photon sur notre diagramme ; et le second trait est une symétrie de base entre les particules et les antiparticules. Pour chaque particule, il existe une antiparticule avec une masse égale et une charge opposée. L'antiparticule de l'électron, par exemple, est appelée le positron et couramment désignée par e^+. Le photon, n'ayant pas de charge, est sa propre antiparticule. Les paires d'électrons et de positrons peuvent être créées spontanément à partir des

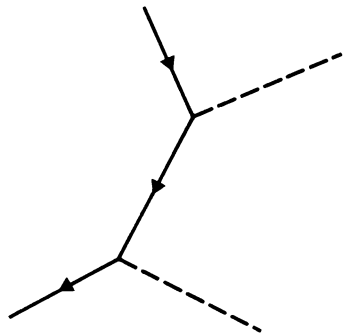
photons et transformées en photons dans le processus inverse d'annihilation.

Les diagrammes spatio-temporels peuvent être grandement simplifiés de la façon suivante. L'extrémité de la flèche sur une trajectoire n'est plus utilisée pour indiquer la direction du mouvement de la particule, ce qui n'est pas nécessaire, de toute façon, puisque toutes les particules se déplacent en avant dans le temps, c'est-à-dire vers le haut sur le diagramme. Au lieu de cela, l'extrémité de la flèche est utilisée pour distinguer entre les particules et les antiparticules : si elle est tournée vers le haut, elle signale une particule (c'est-à-dire un électron) ; si elle est orientée vers le bas, une antiparticule (c'est-à-dire un positron). Le photon, étant sa propre antiparticule, est représenté par une trajectoire sans flèche. Grâce à ce code, nous pouvons désormais omettre tous les noms sur notre diagramme sans provoquer la moindre confusion : les lignes fléchées représentent les électrons ; celles sans flèches, les photons. Pour rendre le diagramme encore plus simple, nous pouvons y omettre l'axe spatial et l'axe temporel, en nous souvenant que la direction du temps va de haut en bas et que la direction vers l'avant dans l'espace va de gauche à droite. Le diagramme spatio-temporel qui s'ensuit, caractérisant le processus de dispersion de l'électron-photon, apparaît tel qu'indiqué ci-dessous.



Dispersion électron-photon.

Si nous voulons représenter le processus de dispersion entre un photon et un positron, nous pouvons dessiner le même diagramme en inversant seulement la direction des flèches :

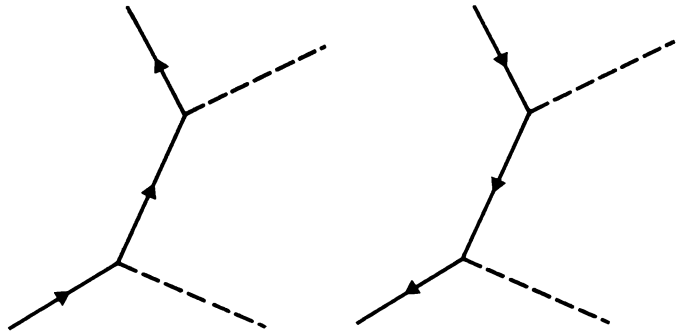


Dispersion positron-photon.

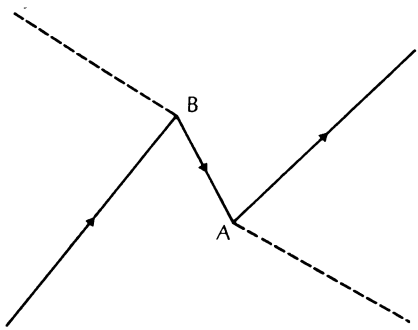
Jusqu'ici, il n'y a rien d'extraordinaire dans notre examen des diagrammes spatio-temporels. Nous les avons lus de bas en haut, selon nos notions conventionnelles d'un cours linéaire du temps. L'aspect inhabituel est lié aux diagrammes contenant des segments de trajectoire de positrons, comme dans le cas de la dispersion du positron-photon. La formalisation mathématique du champ théorique suggère que ces lignes peuvent être interprétées en deux sens : soit comme des positrons avançant dans le temps, soit comme des électrons rétrogradant dans le temps ! Les interprétations sont mathématiquement identiques ; la même expression décrit une antiparticule allant du passé vers le futur, ou une particule bougeant du futur vers le passé. Nos deux diagrammes peuvent donc être considérés comme représentant le même processus se déroulant dans des directions temporelles différentes. Tous deux peuvent être interprétés comme la dispersion des électrons et des photons, mais dans l'un des processus les particules avancent dans le temps, dans l'autre elles reculent. La théorie relativiste de l'interaction des particules montre ainsi une symétrie complète en ce qui concerne la direction temporelle. Tous les diagrammes spatio-temporels peuvent être lus dans l'une ou l'autre direction. Pour chaque processus, il existe un processus équivalent, avec inversion de la direction temporelle et remplacement des particules par des antiparticules*.

Pour voir comment ce trait surprenant du monde des particules subatomiques affecte nos conceptions de l'espace et du temps, considérons le processus figuré sur le diagramme

* Les pointillés sont toujours interprétés comme des photons, qu'ils avancent ou reculent dans le temps, car l'antiparticule d'un photon est encore un photon.



ci-dessous. Lisant le diagramme de manière conventionnelle, de bas en haut, nous l'interprétons comme suit : un électron (représenté par une ligne continue) et un photon (représenté par une ligne discontinue) approchent l'un de l'autre ; le photon engendre un couple positron-électron au point A, l'électron s'enfuit à droite, le positron à gauche ; le positron rencontre alors l'électron initial au point B et ils s'annihilent l'un l'autre, créant un photon, qui s'enfuit à gauche. Ou bien nous pouvons aussi interpréter le processus comme l'interaction des deux photons avec l'unique électron voyageant d'abord en avançant dans le temps, puis reculant, et puis à nouveau avançant. Pour cette interprétation, nous suivons la flèche le long de la ligne de l'électron ; l'électron va jusqu'au point B où il émet un photon et inverse sa trajectoire pour reculer dans le temps jusque au point A ; là il absorbe le photon initial, inverse à nouveau sa direction et reprend sa course en avant dans le temps. En un sens, la seconde interprétation est bien plus simple car nous suivons simplement la trajectoire d'une particule.



Processus de dispersion impliquant des photons, des électrons et un positron.

D'autre part, nous remarquons immédiatement qu'en faisant cela nous courons au-devant de sérieuses difficultés de langage. L'électron se propage « d'abord » au point B, et « puis » en A ; néanmoins l'absorption du photon en A advient avant l'émission de l'autre photon en B.

La meilleure manière d'éviter ces difficultés est de voir les diagrammes spatio-temporels comme celui ci-dessus non en tant qu'enregistrement des trajectoires des particules à travers le temps, mais plutôt comme des schémas quadridimensionnels dans l'Espace-Temps représentant un système d'événements en corrélation, pour lequel n'est fixée aucune direction temporelle.

Puisque toutes les particules peuvent avancer et reculer dans le temps, tout comme elles peuvent se déplacer à droite et à gauche dans l'espace, il n'y a aucune raison d'imposer un cours du temps à sens unique sur les diagrammes. Ils sont simplement des cartes quadridimensionnelles tracées dans l'Espace-Temps de telle sorte que nous ne pouvons parler d'aucune succession temporelle. Selon les mots de Louis de Broglie :

« Dans l'Espace-Temps, tout ce qui pour chacun de nous constitue le passé, le présent et le futur est donné en bloc. Chaque observateur, au fil du temps, découvre, pour ainsi dire, de nouvelles tranches d'Espace-Temps qui lui apparaissent comme les aspects successifs du monde matériel, bien qu'en réalité l'ensemble des événements constituant l'Espace-Temps existent antérieurement à la connaissance qu'il en a[1]. »

Cela, donc, est la pleine signification de l'Espace-Temps dans la physique relativiste. L'espace et le temps sont entièrement équivalents. Ils sont unifiés dans un continuum quadridimensionnel dans lequel les interactions de la particule peuvent s'étendre dans n'importe quelle direction. Si nous voulons représenter ces interactions, nous devons les figurer dans une image instantanée quadridimensionnelle englobant toute la portion de temps et d'espace. Afin d'avoir une idée juste de l'univers relativiste des particules, nous devons « oublier le cours du temps », comme le dit Tchouang-tseu ; et c'est pourquoi les diagrammes spatio-temporels de la théorie quantique peuvent constituer une analogie valable de l'expérience de l'Espace-Temps vécue par les mystiques orientaux. La pertinence de l'analogie est rendue évidente par la

1. Dans P. A. Schilpp, *op. cit.*, p. 114.

remarque suivante de Lama Govinda au sujet de la méditation bouddhiste :

« Si nous parlons de l'expérience de l'espace en méditation, nous traitons d'une dimension entièrement différente. Dans cette expérience de l'espace, la succession temporelle est transformée en coexistence des phénomènes, et cela ne demeure pas statique mais devient un continuum vivant dans lequel le temps et l'espace sont intégrés[1]. »

Bien des physiciens utilisent le formalisme mathématique et les diagrammes pour figurer les interactions « en bloc » dans l'Espace-Temps à quatre dimensions, ils remarquent que, dans le monde réel, chaque observateur ne peut expérimenter les phénomènes que dans une succession de tranches d'Espace-Temps, c'est-à-dire en séquences temporelles. Les maîtres spirituels soutiennent qu'ils peuvent effectivement faire l'expérience d'un laps d'Espace-Temps, où le temps s'arrête. Ainsi le maître Zen Dogen :

« La plupart des gens croient que le temps passe ; en fait, il reste où il est. Cette idée d'écoulement peut être nommée temps, mais c'est une idée incorrecte. Puisqu'on ne voit que son passage, on ne peut comprendre qu'il demeure où il est[2]. »

Un grand nombre de maîtres orientaux soulignent que la pensée doit se situer dans le temps, mais que la vision peut transcender ce temps. La « vision, dit Govinda, est liée à un espace d'une dimension plus élevée, et donc infinie[3] ». L'Espace-Temps de la physique relativiste est un espace similaire, infini, d'une dimension supérieure. Tous les événements y sont en interrelation, mais les relations ne sont pas causales. Les interactions de particules peuvent être interprétées en termes de cause et d'effet seulement lorsque les diagrammes spatio-temporels sont lus selon une direction définie, c'est-à-dire de bas en haut. Lorsqu'on les prend comme des schèmes quadridimensionnels sans aucune orientation de temps déterminée, il n'y a ni « avant » et ni « après », et ainsi pas de causalité.

Pareillement, les maîtres spirituels affirment qu'en se situant par-delà le temps ils transcendent aussi le monde des causes et des effets. Comme nos notions ordinaires d'espace et de temps, la causalité est une notion limitée à une certaine

1. Lama Anagarika Govinda, *Les Fondements de la mystique tibétaine (Foundations of Tibetan Mysticism)*, p. 116.
2. Dogen Zenji, Shobogenzo, dans J. Kennett, *Selling water by the river*, p. 140.
3. Govinda, *op. cit.*, p. 270.

expérience du monde et doit être abandonnée lorsque cette expérience est élargie. Selon Swami Vivekananda :

« Temps, espace et causalité sont comme le verre à travers lequel l'absolu est perçu. Dans l'absolu il n'y a ni temps ni espace, ni causalité[1]. »

Les traditions spirituelles orientales enseignent à leurs disciples diverses voies pour aller au-delà de l'expérience ordinaire du temps et pour se libérer eux-mêmes de la chaîne des causes et effets, de l'esclavage du *karma,* comme disent les hindous et les bouddhistes. On a dit que la spiritualité orientale se libère du temps. En un sens, on peut en dire autant de la physique relativiste.

1. S. Vivekananda, *Jnana Yoga,* p. 109.

Diagramme du mouvement tiré du Canon taoïste, dynastie Song du Nord.

13
L'univers dynamique

La finalité principale de la mystique orientale est d'expérimenter tous les phénomènes du monde comme des manifestations de la même réalité ultime. Cette réalité est perçue comme l'essence de l'univers, sous-jacente et unifiant la multitude des phénomènes et des événements que nous observons. Les hindous la nomment Brahman (conscience absolue), les bouddhistes Dharmakaya (Être) ou Tathata (réalité telle qu'elle est), et les taoïstes Tao (la Voie), chacun affirmant qu'elle dépasse nos concepts intellectuels et défie plus ample description. Cette essence suprême, toutefois, ne peut être séparée de ses multiples manifestations. Il est essentiel à sa propre nature de se manifester elle-même sous des myriades de formes venant à l'existence et se désintégrant, se transformant elles-mêmes les unes dans les autres, sans fin. Dans son aspect phénoménal, l'Un cosmique est ainsi intrinsèquement dynamique, et l'appréhension de sa nature dynamique est à la base de toutes les écoles. Ainsi D. T. Suzuki écrit-il à propos de l'école Kegon du bouddhisme Mahayana :

« L'idée centrale du Kegon est de saisir dynamiquement l'univers dont la caractéristique est d'avancer toujours, d'être perpétuellement en mouvement, ce qui est la vie[1]. »

Cette mise en relief du mouvement, du flux et du changement n'est pas seulement caractéristique des traditions mystiques orientales, mais a été un aspect essentiel de la conception du monde des philosophes à travers les âges. Dans l'ancienne Grèce, Héraclite enseignait que « tout s'écoule » et comparait le monde à un feu éternel, et, au Mexique, le sor-

1. D. T. Suzuki, *L'Essence du bouddhisme (The Essence of Buddhism)*, p. 33.

cier yaqui Don Juan parle du « monde fugitif » et affirme que, « pour être un sage, il faut être léger et changeant[1] ».

Dans la philosophie indienne, les principaux termes utilisés par les hindous et les bouddhistes ont des connotations dynamiques. Le terme Brahman vient du sanskrit *brih* — « croître » — et évoque ainsi une réalité dynamique et vivante. Selon S. Radhakrishnan, « le mot Brahman signifie croissance et évoque vie, mouvement et progrès[2] ». Les Upanishad font référence à Brahman comme à « ce mouvant immortel et sans forme[3] », associé ainsi au mouvement alors même qu'il transcende toutes formes.

Le Rig-Veda utilise un autre terme pour exprimer la nature dynamique de l'univers, le mot *rita*. Ce mot a pour racine *ri* — « bouger » ; sa signification originelle dans le Rig-Veda étant le « cours de toutes choses », l'« ordre de la nature ». Il joue un rôle important dans les légendes des Veda et se rattache à tous les dieux védiques. L'ordre de la nature fut conçu par les prophètes védiques, non comme une loi divine statique, mais comme un principe dynamique inhérent à l'univers. Cette idée n'est pas éloignée de la conception chinoise du Tao (« le Chemin ») en tant que Voie dans laquelle l'univers œuvre, c'est-à-dire l'ordre cosmique. Comme les prophètes védiques, les sages chinois voyaient le monde à la lumière du flux et du changement, et donnèrent ainsi à l'idée d'un ordre cosmique une connotation essentiellement dynamique. Les deux concepts, *rita* et Tao, furent plus tard utilisés au niveau humain et interprétés dans un sens moral, *rita* en tant que loi universelle à laquelle tous les dieux et les hommes doivent obéir, et Tao en tant que Voie de vie juste.

La notion védique de *rita* anticipe celle de *karma* qui fut développée plus tard pour exprimer la relation dynamique de tous les phénomènes et événements. Le mot *karma* signifie « action » et dénote l'interrelation « active », ou dynamique, de tous les phénomènes. Selon la Bhagavad-Gita, « toutes les actions prennent place dans le temps par l'entrelacement des forces de la nature[4] ». Le Bouddha reprit le concept traditionnel de *karma* et lui donna une nouvelle signification en étendant l'idée d'interconnexions dynamiques à la sphère des situations humaines. Le *karma* en vint ainsi à signifier la

1. Carlos Castaneda, *Une Réalité séparée (A separate Reality)*, p. 16.
2. S. Radhakrishnan, *La Philosophie indienne (Indian Philosophy)*, p. 173.
3. Brihad-Aranyaka Upanishad, 2, 3, 3.
4. Bhagavad-Gita, 8, 3.

chaîne sans fin des causes et des effets dans la vie humaine que le Bouddha a rompue en atteignant l'Éveil.

L'hindouisme a également trouvé plusieurs manières d'exprimer la nature dynamique de l'univers dans un langage mythique. Ainsi Krishna dit dans la Gita : « Si je ne m'engageais pas dans l'action, ces mondes périraient[1] », et Shiva, le danseur cosmique, est peut-être la personnification la plus parfaite de l'univers dynamique. Par sa danse, Shiva soutient les multiples phénomènes dans le monde, en les absorbant dans son rythme et en les faisant participer à la danse — une image magnifique de l'unité dynamique de l'univers.

L'image globale donnée par l'hindouisme est celle d'un monde se mouvant selon un rythme organique et croissant, d'un univers dans lequel chaque phénomène est fluide et inconstant, toutes les formes statiques étant *maya*, c'est-à-dire leurres. Cette dernière idée — l'instabilité de toutes les formes — est le point de départ du bouddhisme. Le Bouddha enseignait que toute souffrance dans le monde provient de notre tentative de nous attacher à des formes fixes — objets, gens ou idées — au lieu d'accepter le monde mouvant et changeant. La conception dynamique du monde se trouve ainsi à la racine même du bouddhisme. Selon S. Radhakrishnan :

« Une philosophie d'un remarquable dynamisme fut formulée par le Bouddha deux mille cinq cents ans avant notre ère. Impressionné par la non-permanence des phénomènes, leur mutation et transformation incessantes, Bouddha formula une philosophie du changement. Il réduisit les substances, âmes, monades, phénomènes, à des énergies, mouvements, séquences et processus, et adopta une conception dynamique de la réalité[2]. »

Les bouddhistes appellent ce monde d'incessant changement *samsara,* ce qui signifie littéralement « sans cesse en mouvement » ; et ils affirment qu'il n'y a rien en lui qui mérite qu'on s'y attache. Ainsi, pour les bouddhistes, un être illuminé est quelqu'un qui ne s'oppose pas au flux de la vie, mais le suit.

Lorsqu'il fut demandé au moine Ch'an Yün-Men « Qu'est-ce que le Tao ? » il répondit simplement : « Va de l'avant ! » En conséquence, les bouddhistes nomment aussi le Bouddha Tathataga (celui qui a réalisé Tathata) — ou « celui qui ainsi

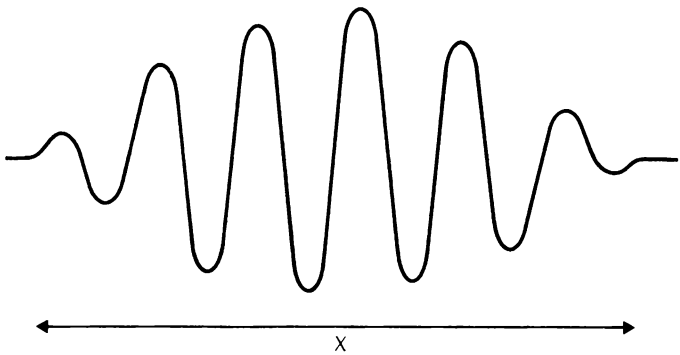
1. *Ibid.*, 3, 24.
2. S. Radhakrishnan, *op. cit.*, p. 367.

va et vient ». Dans la philosophie chinoise, la réalité mouvante et toujours changeante est appelée Tao et considérée comme un processus cosmique dans lequel toutes choses s'inscrivent. Comme les bouddhistes, les taoïstes disent qu'il faut adhérer au courant, y conformer ses actions. Cela encore, est caractéristique du sage — celui qui a atteint l'illumination. Si le Bouddha est quelqu'un qui « ainsi va et vient », le sage taoïste est quelqu'un qui « dérive, comme dit Huai Nan Tzu, dans le courant du Tao ».

Plus on étudie les textes religieux et philosophiques des hindous, des bouddhistes et des taoïstes, plus il devient évident que le monde y est perçu en termes de mouvement, flux et changement. Cette qualité dynamique de la philosophie orientale semble l'un de ses traits les plus notables. Les penseurs orientaux voient l'univers comme un tissu indissociable, dont la trame est dynamique et non statique. Le tissu cosmique est vivant, il bouge, croît et change continuellement. La physique moderne, également, en est venue à concevoir l'univers comme un tissu de relations et, à l'instar des penseurs orientaux, elle a reconnu la dynamique intrinsèque de ce tissu. L'aspect dynamique de la matière apparaît comme une conséquence de la nature ondulatoire des particules subatomiques et s'avère même encore plus essentiel dans la théorie de la relativité, comme nous le verrons, où l'unification de l'espace et du temps implique que l'existence de la matière ne peut être distinguée de son activité. Les propriétés des particules subatomiques ne peuvent donc être comprises que dans un contexte dynamique, en termes de mouvement, d'interaction et de transformation.

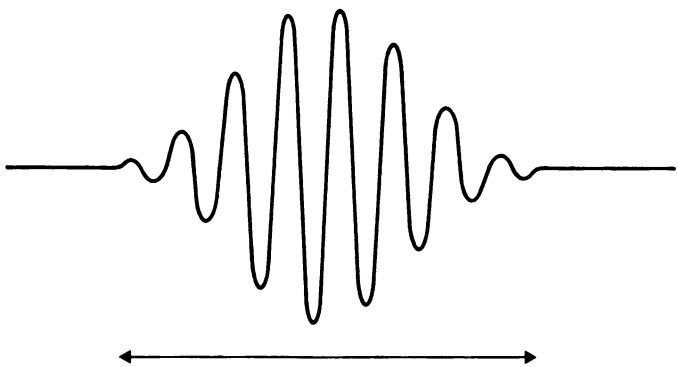
Selon la théorie quantique, les particules sont aussi des ondes, et cela implique qu'elles se comportent d'une façon très particulière. Chaque fois qu'une particule subatomique est enfermée dans une petite région de l'espace, elle réagit à cet enfermement en s'agitant dans cet espace. Plus la région d'enfermement est exiguë, plus la danse de la particule est frénétique. Cette conduite est typiquement un « effet quantique », une caractéristique du monde subatomique qui n'a pas d'analogie macroscopique. Pour voir comment cela se passe, nous devons nous souvenir que les particules sont représentées, dans la théorie quantique, comme des petits paquets d'ondes. Comme on l'a vu, la longueur d'un tel paquet d'ondes représente l'incertitude dans la localisation de la particule. Le schéma suivant, par exemple, correspond à une particule située quelque part dans la région X ; où exactement, nous ne saurions le dire avec certitude. Si nous vou-

lons localiser plus précisément la particule, c'est-à-dire la placer dans une région plus restreinte, nous devons comprimer son paquet d'ondes dans cette région (voir diagramme ci-dessous) :



Paquet d'ondes.

Cela, toutefois, affecte la longueur d'onde du paquet d'ondes, et, par conséquent, la vitesse de la particule. Le résultat sera que la particule s'agitera, plus l'espace dévolu à la particule est restreint, plus elle bouge.



Concentration du paquet d'ondes dans une région plus petite.

La tendance des particules à réagir à l'enfermement par le mouvement implique une turbulence fondamentale de la matière qui est caractéristique du monde subatomique. Dans ce monde, la plupart des particules matérielles sont liées à des structures moléculaires atomiques et nucléaires, et, par

conséquent, ne sont pas au repos mais ont une tendance inhérente à bouger — elles sont intrinsèquement agitées — selon la théorie quantique, la matière n'est donc jamais inerte, mais toujours en état de mouvement.

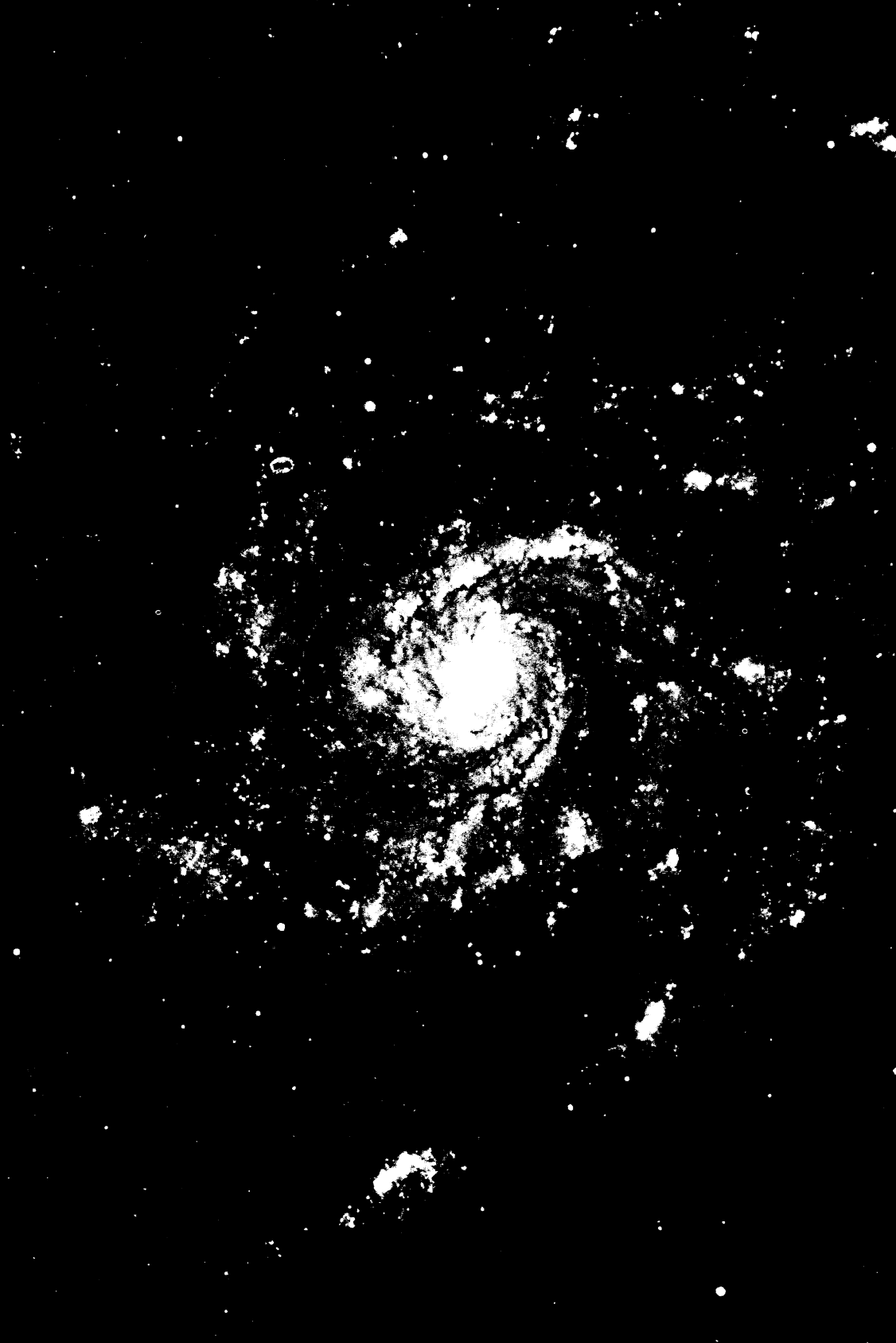
Macroscopiquement, les objets matériels qui nous entourent peuvent sembler passifs et inertes mais, lorsque nous agrandissons tel objet inerte, minéral ou métallique, nous voyons qu'il est plein d'activité. Plus nous regardons la réalité de près, plus elle apparaît vivante. Tous les objets dans notre environnement sont composés d'atomes liés les uns aux autres de diverses façons pour former une variété considérable de structures moléculaires qui ne sont pas rigides et immobiles, mais oscillent selon leur température et en harmonie avec les vibrations thermiques de leur environnement. Dans les atomes vibrants, les électrons sont liés au noyau atomique par des forces électriques qui tendent à les rapprocher autant que possible, et ils répondent à cet emprisonnement en tourbillonnant avec une extrême rapidité. Dans les noyaux, finalement, les protons et les neutrons sont comprimés en un minuscule volume par les puissantes forces nucléaires et, par conséquent, gravitent à des vitesses inimaginables.

La physique moderne ne décrit donc pas la matière comme inerte et passive mais comme animée d'un mouvement perpétuel, dansant et vibrant dont les rythmes sont déterminés par les structures moléculaires, atomiques et nucléaires. C'est aussi la manière dont les penseurs orientaux voient le monde matériel. Ils soulignent tous que l'univers doit être saisi tel quel, dansant, vibrant et bougeant ; que la nature n'est pas en équilibre statique mais dynamique. Selon un texte taoïste :

« La tranquillité dans la tranquillité n'est pas la vraie tranquillité. Ce n'est que lorsqu'il y a tranquillité dans le mouvement que peut apparaître le rythme immatériel qui envahit le Ciel et la Terre[1]. »

En physique, nous reconnaissons la nature dynamique de l'univers non seulement lorsque nous nous occupons de petites dimensions — du monde des atomes et des noyaux — mais aussi lorsque nous nous tournons vers de grandes dimensions, le monde des étoiles et des galaxies. A travers nos puissants télescopes nous observons un monde en mouve-

1. Ts'ai-ken t'an, cité par T. Leggett, *Un premier lecteur Zen (A first Zen reader)*, p. 229, et dans N. W. Ross, *Trois formes de sagesse extrême-orientales (Three ways of Asian Wisdom)*, p. 144.



ment incessant. Des nuages d'hydrogène en rotation se condensent en étoiles, dans un processus d'échauffement, jusqu'à ce qu'ils deviennent des boules de feu dans le ciel. Lorsqu'ils ont atteint ce stade, ils continuent encore à tourner, certains d'entre eux expulsant de la matière dans l'espace, qui virevolte en spirale et se condense en planètes gravitant autour de l'étoile. En fin de compte, après des millions d'années, quand la plus grande partie de son hydrogène combustible est consommée, une étoile se détache puis se contracte à nouveau lors de la désintégration finale. Cette désintégration peut entraîner des explosions gigantesques et même transformer l'étoile en un trou noir. Toutes ces activités — la formation des étoiles à partir des nuages de gaz interstellaires, leur contraction et leur dilatation subséquentes, et leur désintégration finale, tout cela peut être effectivement observé dans les cieux.

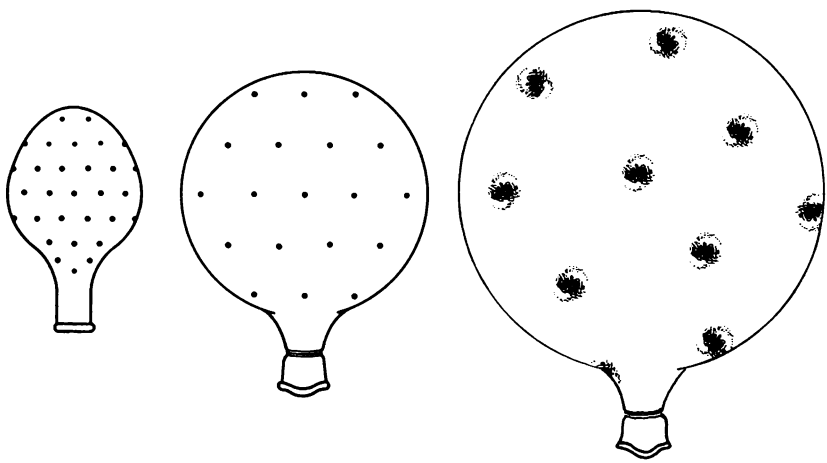
Les étoiles tournoyant, se condensant, se dilatant ou explosant s'amassent en galaxies de diverses formes — disques plats, sphères, spirales, etc., qui ne sont pas immobiles non plus mais tournoient. Notre galaxie, la Voie lactée, est un immense disque d'étoiles et de gaz tournoyant dans l'espace comme une énorme roue, de telle sorte que toutes ses étoiles — y compris le Soleil et ses planètes — gravitent autour du centre de la galaxie. L'univers est, en fait, plein de galaxies disséminées à travers tout l'espace que nous pouvons voir, toutes tournoyant comme la nôtre.

Lorsque nous étudions l'univers dans son ensemble, avec ses millions de galaxies, nous atteignons la plus grande échelle d'espace et de temps ; là aussi, à ce niveau cosmique, nous découvrons que l'univers n'est pas statique — il est en expansion ! Cela a été l'une des plus importantes découvertes de l'astronomie moderne. Une analyse détaillée de la lumière venue de galaxies lointaines a montré que l'ensemble des galaxies est en expansion d'une façon bien orchestrée ; la vitesse de déplacement de chaque galaxie est proportionnelle à sa distance. Plus la galaxie est lointaine, plus elle s'éloigne rapidement de nous ; pour une distance double, la vitesse de l'éloignement doublera aussi. Cela est vrai non seulement pour les distances mesurées à partir de notre galaxie, mais s'applique à n'importe quel point de référence. Quelle que soit la galaxie dans laquelle vous vous trouvez, vous verrez les autres galaxies s'éloigner à toute allure de vous ; les galaxies très proches, à plusieurs milliers de kilomètres-seconde ; d'autres plus éloignées à des vitesses supérieures, et les plus lointaines à des vitesses approchant celle de la

lumière. La lumière des galaxies situées au-delà de cette distance ne nous atteindra jamais, parce qu'elles s'éloignent de nous plus rapidement que la vitesse de la lumière. Leur lumière est — selon les mots de Sir Arthur Eddington, « semblable à un coureur sur une piste extensible, le point d'arrivée s'éloignant plus rapidement qu'il ne peut courir ».

Pour avoir une meilleure idée de l'univers en expansion, nous devons nous rappeler que le cadre conceptuel propre à l'étude de ses caractéristiques sur une grande échelle est la théorie générale de la relativité d'Einstein. Selon cette théorie, l'espace n'est pas « plat » mais « courbe », et la façon particulière dont il est incurvé est liée, selon les équations d'Einstein, à la répartition de la matière. Ces équations peuvent être utilisées pour déterminer la structure d'ensemble de l'univers, elles sont le point de départ de la cosmologie moderne.

Lorsque nous parlons d'un univers en expansion dans le cadre de la relativité générale, nous voulons dire en expansion dans une dimension supérieure. Comme la notion d'espace courbe, nous ne pouvons nous représenter un tel concept qu'à l'aide d'une analogie à deux dimensions. Imaginons un ballon avec un grand nombre de points sur sa surface. Le ballon représente l'univers, sa surface courbe à deux dimensions représente l'espace courbe à trois dimensions, et les points sur la surface, les galaxies dans cet espace.



Lorsque le ballon est gonflé, toutes les distances entre les points augmentent : quel que soit le point que vous choisissez pour vous situer, tous les autres points s'écarteront de vous. L'univers se développe de la même façon : quelle que soit la galaxie dans laquelle peut être l'observateur, les autres galaxies s'éloignent toutes de lui.

Une question pertinente que l'on peut poser à propos de l'univers en expansion est : « Quand tout cela a-t-il commencé ? » A partir de la relation entre la distance d'une galaxie et sa vitesse de fuite — connue sous le nom de loi de Hubble —, on peut calculer l'origine de l'expansion, en d'autres termes l'âge de l'univers. En supposant qu'il ne s'est produit aucun changement dans la vitesse d'expansion, ce qui n'est pas du tout certain, on arrive à un âge de l'ordre de dix milliards d'années. Tel est donc l'âge de l'univers. La plupart des savants pensent aujourd'hui que l'univers s'est formé lors d'événements pour le moins spectaculaires, il y a environ dix milliards d'années, quand sa masse totale a explosé à partir d'un petit globe de feu primordial. L'expansion actuelle de l'univers est considérée comme le résidu de l'impulsion de cette explosion initiale. D'après la théorie du « big bang », l'instant du *big bang* marque le commencement de l'univers et le commencement de l'espace et du temps. Si nous voulons savoir ce qui s'est passé avant cet instant, nous tombons à nouveau dans de sérieux problèmes de pensée et de langage. Selon Sir Bernard Lovell :

« Là nous atteignons la limite de la pensée parce que nous nous confrontons avec les concepts du temps et de l'espace avant qu'ils n'existent par rapport à notre expérience quotidienne. J'ai le sentiment soudain de m'être fourvoyé dans une grande nappe de brouillard, où le monde familier a disparu[1]. »

Pour ce qui est de l'avenir de l'univers en expansion, les équations d'Einstein ne fournissent pas une réponse unique. Elles prévoient différentes solutions correspondant aux différentes théories de l'univers. Certaines prédisent que l'expansion continuera toujours ; selon les autres, elle ralentira et éventuellement se transformera en contraction. Ces théories décrivent un univers oscillatoire, se développant sur des milliards d'années, puis se contractant jusqu'à ce que sa masse totale se soit condensée en une petite boule de matière, puis se développant, et ainsi de suite, indéfiniment.

1. A. C. B. Lovell, *L'Individu et l'univers (The Individual and the Universe)*, p. 93.

Cette idée d'un univers périodiquement en expansion et en contraction, qui implique une échelle spatio-temporelle de vaste proportion, a surgi non seulement dans la cosmologie moderne, mais également dans l'antique mythologie indienne. Considérant l'univers comme un monde organique, bougeant rythmiquement, les hindous furent capables de développer des cosmologies évolutives très proches de nos théories scientifiques modernes. L'une de ces cosmologies est fondée sur le mythe hindou de Lila — le jeu divin — dans lequel Brahman se transforme lui-même en mondes. Lila est un jeu rythmique qui se répète en des cycles infinis, l'Un devenant multiple et le multiple redevenant Un. Dans la Bhagavad-Gita, le dieu Krishna décrit ainsi le jeu rythmique de la création :

« A la fin de la nuit des temps, toutes choses retournent à ma nature ; et quand vient le nouveau jour des temps, je les introduis à nouveau dans la lumière.

« Ainsi, par ma nature, j'engendre toute création et celle-ci tournoie dans les cercles du temps.

« Mais je ne suis pas lié par cette immense œuvre de création. Je suis et je contemple le spectacle des travaux, je contemple, et la nature dans ses œuvres produit tout ce qui est mobile et immobile : ainsi adviennent les révolutions de l'univers[1]. »

Les sages hindous n'avaient pas peur d'identifier ce jeu divin rythmique à l'évolution de l'ensemble du cosmos. Ils dépeignent l'univers engagé dans une contraction et une expansion périodiques, et donnent le nom de *kalpa* à l'inconcevable intervalle de temps entre le commencement et la fin d'une création. L'échelle de cet ancien mythe est réellement stupéfiante ; il fallut à l'esprit humain plus de deux mille ans pour renouer avec une telle notion !

Du monde de l'infiniment grand, et de l'univers en expansion, retournons au monde de l'infiniment petit. La physique au XX^e siècle se caractérise par une pénétration toujours plus avancée dans ce monde de dimensions infinitésimales, jusqu'au domaine des atomes, des noyaux et de leurs éléments constitutifs. L'exploration du monde submicroscopique a été déterminée par une question primordiale qui a occupé et stimulé l'esprit humain à travers les âges : « De quoi est constituée la matière ? » Depuis le commencement de la philosophie de la nature, l'homme réfléchit à ce problème, essayant de découvrir la « substance fondamentale »

1. Bhagavad-Gita, 9, 7-10.

dont la matière est faite ; mais ce n'est qu'à notre époque qu'il lui a été possible de chercher une réponse en entreprenant des expérimentations. Avec l'aide d'une technologie hautement élaborée, les physiciens ont été en mesure d'explorer tout d'abord la structure des atomes, découvrant qu'ils sont composés de noyaux et d'électrons, puis la structure des noyaux atomiques, composés de protons et de neutrons, communément appelés nucléons. Dans les deux dernières décennies, on a encore accompli un nouveau pas en avant et commencé à sonder la structure des nucléons — les éléments constitutifs des noyaux atomiques — qui ne semblent pas être les ultimes particules élémentaires, mais paraissent être encore composés d'autres entités...

La première étape dans la pénétration de strates toujours plus profondes de la matière — l'exploration du monde atomique — a amené plusieurs profondes modifications de notre conception de la matière, dont il a été question aux chapitres précédents. La seconde étape fut la pénétration du monde des noyaux atomiques et de leurs éléments constitutifs, et cela nous a obligé à modifier nos conceptions d'une manière aussi profonde. Dans ce monde, nous avons affaire à des dimensions qui sont cent mille fois plus petites que les dimensions atomiques, et, par conséquent, les particules contenues dans des dimensions si petites bougent considérablement plus vite que celles limitées aux structures atomiques. Elles se déplacent, en fait, si rapidement qu'elles ne peuvent être décrites adéquatement que dans le cadre de la théorie de la relativité restreinte. Pour comprendre les propriétés et les interactions des particules subatomiques, il est donc nécessaire d'utiliser un système qui prenne en considération à la fois la théorie quantique et la théorie de la relativité, et c'est, encore une fois, cette dernière qui nous oblige à modifier notre conception de la matière.

Le trait caractéristique de la structure relativiste est, ainsi qu'on l'a vu, de réunir des concepts de base qui paraissaient auparavant totalement sans rapport. L'un des exemples les plus importants est l'équivalence de la masse et de l'énergie, exprimée mathématiquement par la fameuse équation d'Einstein $E = mc^2$. Pour comprendre l'importance profonde de cette équivalence, nous devons tout d'abord comprendre la signification de l'énergie et celle de la masse.

L'énergie est l'une des notions les plus importantes utilisées dans la description des phénomènes naturels. Dans la vie quotidienne, nous disons qu'un corps possède de l'énergie lorsqu'il est capable de fournir du travail. Cette énergie peut

revêtir une grande variété de formes. Elle peut être énergie cinétique, thermique, gravitationnelle, électrique, etc. Quelle qu'en soit la forme, elle peut fournir du travail. On peut donner de l'énergie gravitationnelle à une pierre si on l'élève à une certaine hauteur. Lorsqu'elle tombe de cette hauteur, son énergie gravitationnelle se transforme en énergie cinétique et, lorsque la pierre heurte le sol, elle peut fournir du travail en brisant quelque chose. Pour prendre un exemple plus suggestif, l'énergie électrique ou l'énergie chimique peuvent être transformées en énergie thermique et utilisées à des fins domestiques. En physique, l'énergie est toujours associée à quelque processus ou à une quelconque espèce d'activité, et son importance fondamentale réside dans le fait que l'énergie totale impliquée dans le processus est toujours conservée. Elle peut changer de forme de la façon la plus complexe, mais rien ne peut en être perdu. La conservation de l'énergie est l'une des lois les plus fondamentales de la physique. Elle régit tous les phénomènes naturels connus et aucune violation de cette loi n'a été jusqu'à présent observée.

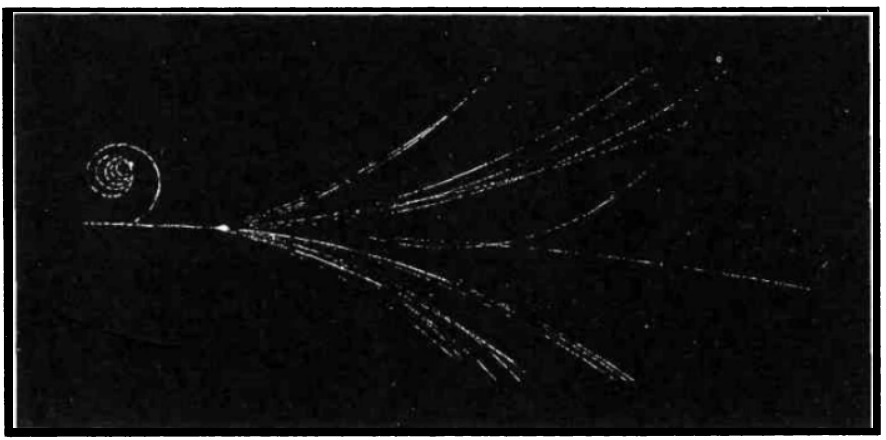
La masse d'un corps, d'autre part, est une mesure de son poids, c'est-à-dire de la force de gravité s'exerçant sur ce corps. En outre, la masse mesure la force d'inertie d'un objet, c'est-à-dire sa résistance à l'accélération. Les objets lourds sont plus difficiles à accélérer que les objets légers, fait bien connu de quiconque a jamais poussé une voiture. En physique classique, la masse était, par ailleurs, associée à une substance matérielle indestructible, c'est-à-dire à la « matière » dont chaque chose était censée être faite. Comme l'énergie, on la croyait rigoureusement conservée, de telle sorte que la masse ne pouvait jamais être perdue.

Maintenant, la théorie de la relativité nous apprend que la masse n'est qu'une forme de l'énergie. L'énergie peut non seulement revêtir les diverses formes connues en physique classique, mais elle peut être aussi enfermée dans la masse d'un objet. La quantité d'énergie contenue, par exemple, dans une particule est égale à la masse de la particule, m multipliée par c^2, le carré de la vitesse de la lumière ; ainsi :

$$E = mc^2$$

Une fois qu'elle est perçue comme une forme d'énergie, la masse n'a dès lors plus besoin d'être indestructible, mais peut être transformée en d'autres formes d'énergie. Cela peut arriver lorsque les particules subatomiques entrent en collision. Dans de telles collisions, il se peut que les particules

soient détruites et l'énergie contenue dans leurs masses peut être transformée en énergie cinétique et répartie entre les autres particules participant à la collision. Inversement, lorsque les particules se heurtent à des vitesses très élevées, leur énergie cinétique peut être utilisée pour former les masses de nouvelles particules. La photographie ci-dessous montre un exemple extrême d'une telle collision : un proton pénètre par la gauche dans la chambre à bulles, chasse un électron d'un atome (trace en spirale) puis se heurte à un autre proton pour créer seize nouvelles particules dans le processus de collision.



La création et la destruction des particules matérielles est l'une des plus impressionnantes conséquences de l'équivalence de la masse et de l'énergie. Dans les processus de collision de la physique des hautes énergies, la masse ne se conserve plus. Les particules entrant en collision peuvent être détruites et leurs masses transformées en partie dans les masses et en partie dans les énergies cinétiques des particules nouvellement créées. Seule l'énergie totale mise en jeu dans un tel processus, c'est-à-dire l'énergie cinétique totale plus l'énergie contenue dans toutes les masses, est conservée. Les collisions des particules subatomiques sont notre principal moyen d'étudier leurs propriétés, et la relation entre la masse et l'énergie est essentielle à leur description. Elle a été vérifiée d'innombrables fois et les physiciens des particules sont totalement familiers avec l'équivalence de la masse et de l'énergie ; si familiers, en fait, qu'ils mesurent les masses des particules par les unités d'énergie correspondantes.

La découverte que la masse n'est rien d'autre qu'une forme

d'énergie nous a forcés à modifier notre concept de la particule de façon essentielle. En physique moderne, la masse n'est plus associée à une substance matérielle, et dès lors les particules ne sont plus considérées comme constituées d'une quelconque « matière » fondamentale, mais comme des faisceaux d'énergie. Puisque l'énergie, toutefois, est associée à l'activité, aux processus, il en résulte que la nature des particules subatomiques est intrinsèquement dynamique. Pour mieux comprendre cela, nous devons nous souvenir que nous ne pouvons concevoir ces particules qu'en termes relativistes, c'est-à-dire par rapport à un cadre où l'espace et le temps fusionnent en un continuum à quatre dimensions. Les particules ne doivent pas être décrites comme des objets statiques tridimensionnels, ni comme des boules de billard ou des grains de sable, mais plutôt comme des entités dans l'Espace-Temps quadridimensionnel. Leurs formes doivent être comprises dynamiquement, en tant que formes dans l'espace et dans le temps. Les particules subatomiques sont des modèles dynamiques ayant un aspect spatial et un aspect temporel. Leur aspect spatial les a fait apparaître en tant qu'objets possédant une certaine masse, leur aspect temporel en tant que processus engageant l'énergie équivalente.

Ces systèmes dynamiques, ou « faisceaux d'énergie », forment les structures stables, nucléaires, atomiques et moléculaires qui constituent la matière en lui donnant son aspect solide macroscopique, nous faisant ainsi croire qu'elle est faite de quelque substance matérielle. Au niveau macroscopique, la notion de substance est une approximation commode, mais au niveau atomique elle n'a plus guère de sens. Les atomes se composent de particules, et ces particules ne sont faites d'aucune substance matérielle. Lorsque nous les observons, nous ne voyons jamais aucune substance ; ce que nous voyons sont des systèmes dynamiques se transformant continuellement les uns dans les autres. Une danse perpétuelle de l'énergie.

La théorie quantique a révélé que les particules ne sont pas des grains de matière isolés, mais des types de probabilité, des relations dans un tissu cosmique indissociable. La théorie de la relativité a, pour ainsi dire, rendu vivants ces types en révélant leur caractère intrinsèquement dynamique. Elle a montré que l'activité de la matière est l'essence même de son existence. Les particules du monde subatomique ne sont pas seulement actives dans la mesure où elles se déplacent très rapidement ; elles sont elles-mêmes des processus ! L'existence de la matière et ses activités ne peuvent être dissociées.

Ce ne sont que les divers aspects de la même réalité spatio-temporelle.

On a vu au chapitre précédent que la prise de conscience de l'interpénétration de l'espace et du temps a conduit les mystiques orientaux à une vision du monde intrinsèquement dynamique. Une étude de leurs écrits révèle qu'ils conçoivent le monde non seulement en termes de mouvement, de flux et de changement, mais semblent avoir également une forte intuition du caractère « spatio-temporel » des objets matériels, qui est si spécifique de la physique relativiste. Les physiciens doivent tenir compte de l'union de l'espace et du temps lorsqu'ils étudient le monde subatomique, et, par conséquent, ils conçoivent les objets de ce monde en termes d'énergie, d'activité et de processus. Les mystiques orientaux, dans leurs états de conscience non ordinaires, semblent connaître l'interpénétration de l'espace et du temps à un niveau macroscopique, et ainsi ils voient les objets macroscopiques d'une façon très proche de celle des physiciens observant les particules subatomiques. Cela est particulièrement frappant dans le bouddhisme. L'un des principaux enseignements de Bouddha fut que « toutes les choses composées sont impermanentes ». Dans la version Pali originale de cette fameuse sentence[1], le terme utilisé pour « choses » est *sankhara* (sanskrit : *samskara),* mot qui signifie d'abord « événement » — également « action », « acte » — et seulement en second lieu une « chose existante ». Cela montre clairement que les bouddhistes conçoivent dynamiquement les choses en perpétuel changement. Selon les termes de Suzuki :

« Les bouddhistes considéraient un objet comme un événement et non une chose ou une substance. La conception bouddhiste des « choses » en tant que *samskara* (ou *sankhara),* c'est-à-dire comme actions, ou événements, fait clairement apparaître que les bouddhistes comprennent notre expérience relative au temps et au mouvement[2]. »

Comme les physiciens modernes, les bouddhistes voient tous les objets tels des processus dans un flux universel, et nient l'existence d'une substance matérielle quelconque. Cette dénégation est l'un des traits les plus caractéristiques de toutes les écoles de philosophie bouddhiste. Elle est également caractéristique de la pensée chinoise qui élabora une conception similaire des choses en tant qu'étapes transitoires dans le Tao toujours mouvant, et s'intéressait plus à leurs interrelations qu'à leur réduction à une substance fondamentale.

1. Digha Nikaya, II, 198.
2. D. T. Suzuki, *op. cit.*, p. 55.

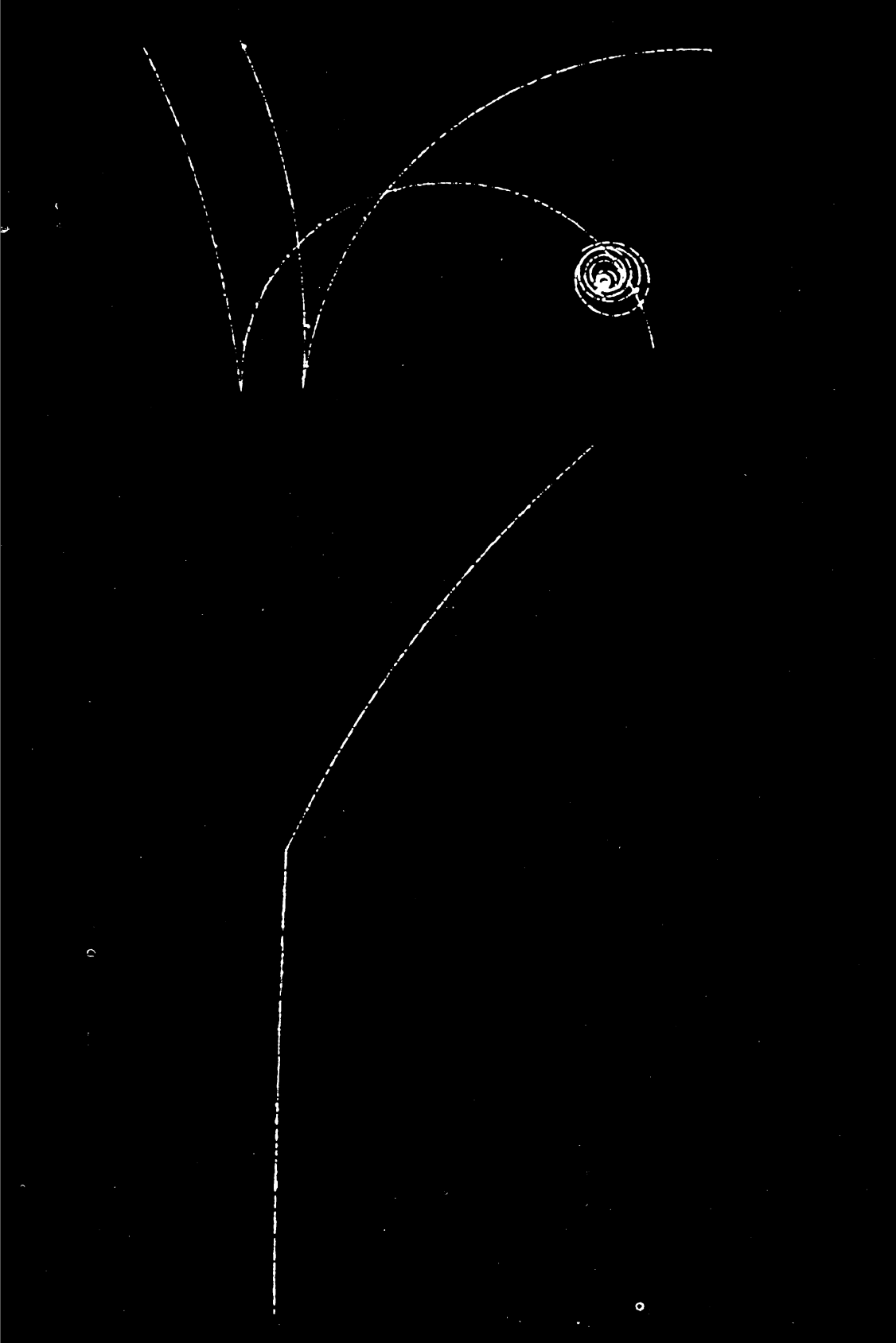
« Tandis que la philosophie européenne cherchait la réalité dans la substance, écrit Joseph Needham, la philosophie chinoise la cherchait dans la relation[1]. »

Dans les visions dynamiques du monde de la pensée religieuse orientale et de la physique moderne, il n'y a donc aucune place pour des formes statiques. Les éléments de base de l'univers sont des systèmes dynamiques, des stades transitoires dans le « flux constant de transformation et de changement », comme dit Tchouang-tseu.

Selon l'état présent de notre connaissance de la matière, ses éléments de base sont des particules, et la physique fondamentale moderne a pour but principal la compréhension de leurs propriétés et de leurs interactions. Nous connaissons aujourd'hui plus de deux cents particules, la plupart d'entre elles étant créées artificiellement par des processus de collission et ne durant qu'un temps extrêmement bref ; bien moins qu'un millionième de seconde ! Il est ainsi bien évident que ces particules éphémères représentent simplement des types transitoires de processus dynamiques. Les questions principales concernant ces particules sont les suivantes : Quels sont leurs traits distinctifs ? Sont-elles complexes et, si c'est le cas, de quoi sont-elles composées, ou — mieux — quels autres systèmes mettent-elles en jeu ? Comment agissent-elles, c'est-à-dire quelles sont les énergies entre elles ? Enfin, si les particules elles-mêmes sont des processus, quelles sortes de processus sont-elles ?

Nous savons maintenant qu'en physique particulaire toutes ces questions sont inséparables. A cause de la nature relativiste des particules subatomiques, nous ne pouvons comprendre leurs propriétés sans comprendre leurs interactions mutuelles, et à cause de l'intrication de base du monde subatomique, nous ne comprendrons aucune particule donnée avant d'avoir compris toutes les autres. Les chapitres suivants montreront jusqu'où nous sommes arrivés dans la compréhension des propriétés et des interactions des particules. Bien que nous manquions encore d'une théorie quantique-relativiste complète du monde subatomique, plusieurs théories partielles ont été développées, décrivant certains aspects de ce monde avec beaucoup de succès. Un examen de l'une des plus importantes de ces théories montrera qu'elles impliquent toutes des conceptions philosophiques concordant remarquablement avec celles de la spiritualité orientale.

1. J. Needham, *Science et civilisation en Chine (Science and Civilisation in China)*, vol. II, p. 478.



14
Le vide et la forme

La conception classique, mécaniste du monde se fondait sur la notion de particules solides, indestructibles, évoluant dans le vide. La physique moderne a entraîné une révision radicale de cette image. Elle a conduit non seulement à une conception totalement nouvelle des « particules », mais également transformé d'une manière profonde le concept classique de vide. Cette transformation a lieu dans ce qui est nommé théories du champ. Elle a commencé avec l'idée d'Einstein d'associer le champ gravitationnel et la géométrie de l'espace, et devint encore plus profonde lorsque furent combinées, afin de décrire les champs de force des particules subatomiques, la théorie quantique et la théorie de la relativité. Dans ces « théories du champ quantique », la distinction entre les particules et l'espace les entourant perd sa netteté originaire et le vide est reconnu en tant que quantité dynamique d'une importance souveraine.

Le concept de champ fut introduit au XIX[e] siècle par Faraday et Maxwell dans leur description des forces existant entre les charges et les courants électriques. Un champ électrique est une portion de l'espace autour d'un corps chargé, qui exerce une force sur n'importe quelle autre charge dans cet espace. Les champs électriques sont ainsi produits par des corps chargés et leurs effets ne peuvent être ressentis que par des corps chargés. Les champs magnétiques sont produits par des charges en mouvement, c'est-à-dire par des courants électriques, et les forces magnétiques en résultant peuvent être senties par d'autres charges en mouvement. En électrodynamique classique, selon la théorie élaborée par Faraday et Maxwell, les champs sont des entités primaires physiques pouvant être étudiées sans aucune référence aux corps maté-

riels. La vibration électrique et les champs magnétiques peuvent se déplacer dans l'espace sous forme d'ondes radioélectriques, ondes lumineuses, ou d'autres sortes de radiations électromagnétiques.

La théorie de la relativité a structuré l'électrodynamique de manière beaucoup plus satisfaisante en unissant les concepts de charges et de courants, et de champs électriques et magnétiques. Tout mouvement étant relatif, chaque charge peut aussi apparaître comme courant — dans le cadre de référence où elle bouge par rapport à l'observateur — et, par conséquent, son champ électrique peut apparaître aussi comme un champ magnétique. Dans la formulation relativiste de l'électrodynamique, les deux champs sont donc réunis en un champ électromagnétique unique.

Le concept de champ a été associé non seulement à la force électromagnétique, mais aussi à cette autre force primordiale à l'échelle universelle, la force de gravité. Les champs gravitationnels sont créés et ressentis par tous les corps massifs et les énergies résultantes sont toujours des forces d'attraction, contrairement aux champs électromagnétiques qui ne sont sentis que par des corps chargés et donnent naissance aux forces attractives et répulsives. La théorie du champ propre au champ gravitationnel est la théorie de la relativité générale, dans cette théorie l'influence d'un corps massif sur l'espace environnant est de beaucoup plus grande portée que l'influence correspondante d'un corps chargé en électrodynamique. A nouveau, l'espace entourant l'objet est « conditionné » de telle façon qu'un autre objet sentira une force, mais cette fois le processus affecte la géométrie, et donc la structure même de l'espace.

La matière et l'espace vide — le plein et le vide — furent les deux concepts distincts fondamentaux sur lesquels se fondait l'atomisme de Démocrite et de Newton. Dans la relativité générale, ces deux concepts ne peuvent plus être séparés. Partout où il y a un corps massif, il y aura un champ gravitationnel, et ce champ se manifestera lui-même comme courbure de l'espace entourant ce corps. Nous ne devons pas penser, toutefois, que le champ remplit l'espace et le « courbe ». Les deux ne peuvent être distingués ; le champ est l'espace courbe ! Dans la théorie générale, le champ gravitationnel et la structure, ou géométrie, de l'espace sont identiques. Ils sont représentés dans les équations du champ d'Einstein par une seule et même quantité mathématique. Dans la théorie d'Einstein, donc, la matière ne peut être séparée de son champ de gravité, et le champ de gravité ne peut être distin-

gué de l'espace courbe. La matière et l'espace sont ainsi perçus comme des parties inséparables et interdépendantes d'un ensemble singulier.

Les objets matériels ne déterminent pas seulement la structure de l'espace environnant mais sont, à leur tour, influencés par l'environnement d'une manière essentielle. Selon le physicien et philosophe Ernst Mach, l'inertie d'un objet matériel — la résistance de l'objet à l'accélération — n'est pas une propriété intrinsèque de la matière, mais une mesure de son interaction avec tout le reste de l'univers. Dans la conception de Mach, la matière n'a d'inertie que parce qu'existe une autre matière dans l'univers. Lorsqu'un corps est en rotation, son inertie produit des forces centrifuges employées, par exemple, dans une essoreuse pour extraire l'eau du linge mouillé, mais ces forces n'apparaissent qu'à cause de la rotation du corps « par rapport aux étoiles fixes », ainsi que l'a exposé Mach. Si ces astres fixes venaient soudain à disparaître, l'inertie et les forces centrifuges du corps en rotation disparaîtraient avec eux.

Cette conception de l'inertie, connue comme principe de Mach, a exercé une profonde influence sur Albert Einstein et fut à l'origine de l'élaboration de la théorie de la relativité générale. A cause de la complexité mathématique considérable de la théorie d'Einstein, les physiciens ne se sont pas encore accordés sur le fait de savoir si elle incorpore ou non effectivement le principe de Mach. La plupart des physiciens croient, toutefois, qu'il devrait être incorporé, d'une façon ou d'une autre, dans une théorie complète de la gravité.

Ainsi la physique moderne nous montre encore — et cette fois au niveau macroscopique — que les objets matériels ne sont pas des entités distinctes, mais sont indissociables de leur environnement ; que leurs propriétés ne peuvent être comprises qu'en fonction de leur interaction avec le reste du monde. Selon le principe de Mach, cette interaction s'étend à l'univers dans son ensemble, aux astres distants et aux galaxies. L'unité de base du cosmos se manifeste elle-même, par conséquent, non seulement dans le monde de l'extrêmement petit mais aussi dans celui de l'extrêmement grand ; un fait qui est de plus en plus reconnu en astrophysique et en cosmologie modernes. Selon les termes de l'astronome Fred Hoyle :

« Les développements actuels en cosmologie en sont arrivés à suggérer avec assez d'insistance que les situations quotidiennes ne pourraient persister sans les parties éloignées de l'univers, que toutes nos idées d'espace et de géométrie

seraient entièrement invalidées si les parties éloignées de l'univers étaient exclues. Notre expérience quotidienne, même jusque dans ses plus infimes détails, semble être si étroitement intégrée à l'échelle de l'univers qu'il est presque impossible de considérer que les deux existent séparément[1]. »

L'unité et l'interrelation entre un objet matériel et son environnement, manifestes à l'échelle macroscopique dans la théorie de la relativité générale, apparaissent de manière encore plus saisissante au niveau subatomique. Là se combinent les idées de la théorie classique des champs et celles de la théorie des quanta afin de décrire les interactions entre les particules subatomiques. Une telle combinaison n'a pas encore été possible en ce qui concerne l'interaction gravitationnelle à cause de la forme mathématique complexe de la théorie de la gravité d'Einstein ; mais l'autre théorie classique du champ, l'électrodynamique, a fusionné avec la théorie quantique en une théorie nommée « électrodynamique des quanta », décrivant toutes les interactions électromagnétiques entre les particules subatomiques. Cette théorie incorpore les deux théories des quanta et de la relativité. Ce fut le premier modèle « relativiste quantique » de physique moderne, qui demeure le plus réussi.

La caractéristique frappante de l'électrodynamique des quanta surgit de la combinaison de deux concepts ; celui de champ électromagnétique et celui de photon en tant que manifestation particulaire des ondes électromagnétiques. Étant donné que les photons sont aussi des ondes électromagnétiques, et que ces ondes sont des champs vibratoires, les photons doivent être des manifestations de champs électromagnétiques. Désormais le concept de « champ quantique » est celui d'un champ pouvant revêtir la forme quantique, ou particulaire. C'est en effet un concept entièrement nouveau qui a été étendu à la description de toutes les particules subatomiques et de leurs interactions. Dans ces théories du « champ quantique », la distinction classique entre les particules solides et l'espace les entourant est totalement dépassée. On considère que le champ quantique est une entité physique fondamentale, un milieu continu, présent partout dans l'espace. Les particules sont simplement des condensations locales de ce champ ; des concentrations d'énergie qui vont et viennent, perdant ainsi leur caractère individuel et se dissolvant dans le champ. Selon Einstein : « Nous pouvons donc considérer que la matière est constituée des régions de

1. F. Hoyle, *Frontières de l'astronomie (Frontiers of Astronomy)*, p. 304.

l'espace dans lesquelles le champ est extrêmement intense. Il n'y a pas place, dans ce nouveau type de physique, pour le champ plus la matière, puisque le champ est l'unique réalité[1]. »

La conception d'objets et de phénomènes physiques en tant que manifestations d'une entité sous-jacente fondamentale n'est pas seulement un élément constitutif de la vision orientale du monde. Comme Einstein, les maîtres spirituels orientaux considèrent que cette entité sous-jacente est l'unique réalité, toutes ses manifestations phénoménales étant considérées comme passagères et illusoires. La réalité selon la spiritualité orientale ne peut être identifiée au champ quantique du physicien car elle est considérée comme l'essence de tous les phénomènes de ce monde et, par conséquent, au-delà de tous concepts et idées. Le champ quantique, par contre, est un concept bien défini qui n'explique que certains phénomènes physiques. Néanmoins, l'intuition sous-jacente à l'interprétation que donne le physicien du monde subatomique, en fonction du champ quantique, est très analogue à celle du mystique oriental qui interprète son expérience du monde en fonction d'une réalité sous-jacente ultime. A la suite de l'émergence du concept de champ, les physiciens ont essayé d'unifier les divers champs en un champ fondamental unique qui incorporerait tous les phénomènes physiques. Einstein, en particulier, consacra les dernières années de sa vie à chercher un tel champ unique. Le Brahman des hindous comme le Dharmakaya des bouddhistes et le Tao des taoïstes peuvent être considérés, peut-être, comme le champ unifié suprême d'où proviennent non seulement tous les phénomènes étudiés en physique, mais aussi tous les autres phénomènes.

Dans la vision orientale, la réalité sous-tendant tous les phénomènes est par-delà toutes les formes et défie toute description et spécification. Elle est par conséquent souvent décrite comme sans forme, vide, mais ce vide ne doit pas être considéré comme pur néant. Le vide est, au contraire, l'essence de toutes formes et la source de toute vie. Ainsi est-il dit dans les Upanishad :

> *Brahman est vie. Brahman est joie. Brahman est vide.*
> *La joie, en vérité, est la même chose que le vide.*
> *Le vide, en vérité, est la même chose que la joie*[2].

1. Cité par M. Capek, *La Portée philosophique de la physique contemporaine (The Philosophical Impact of Contemporary Physics)*, p. 319.
2. Chandogya Upanishad, 4, 10, 4.

Les bouddhistes expriment la même idée lorsqu'ils nomment la réalité suprême *sunyata* — « vacuité » ou « vide » — et affirment que c'est un vide vivant, origine de toutes formes dans le monde tangible. Les taoïstes attribuent une semblable créativité illimitée et infinie au Tao et, eux aussi, le nomment « Vide ». « Le Tao du ciel est vide et informe », dit Tchouang-tseu[1], et Lao-tseu utilise plusieurs métaphores pour illustrer ce vide. Il compare souvent le Tao à une vallée profonde, ou à un « vase que l'usage ne remplit jamais » ayant toujours ainsi la possibilité de contenir une infinité de choses.

Au lieu d'employer des termes tels que « néant » et « vide », les sages orientaux spécifient clairement qu'ils ne désignent pas un vide ordinaire lorsqu'ils parlent de Brahman, Sunyata ou Tao, mais, au contraire, un vide ayant un potentiel créatif infini. Ainsi, le vide des mystiques orientaux peut être comparé aisément au champ quantique de la physique subatomique. Comme le champ quantique, il donne naissance à une variété infinie de formes qu'il entretient et, finalement, réabsorbe. Comme il est dit dans les Upanishad :

Serein, loué soit-Il,
Celui d'où l'on vient,
Celui où l'on va se fondre,
Celui dans lequel on respire[2].

Les manifestations tangibles du vide mystique, comme les particules subatomiques, ne sont pas statiques et permanentes, mais dynamiques et transitoires, venant à l'existence et s'évanouissant en une valse de mouvement et d'énergie incessante. Comme le monde subatomique du physicien, le monde phénoménal des sages de l'Orient est un monde de *Samsara* — de naissance et de mort perpétuelles. Étant des manifestations provisoires du vide, les choses de ce monde n'ont aucune identité fondamentale. Cela est particulièrement souligné dans la philosophie bouddhiste qui dénie l'existence d'une quelconque substance matérielle et soutient aussi que l'idée d'un « moi » constant passant par des expériences successives est une illusion. Les bouddhistes ont souvent comparé cette illusion d'une substance matérielle et d'un moi

1. *Kuan-tzu,* trad. W. A. Rickett, XIII, 36 : une œuvre sociophilosophique vaste attribuée traditionnellement au célèbre homme d'État Kuan Chung, du VII[e] siècle av. J.-C. mais plus vraisemblablement une œuvre hétéroclite écrite aux alentours du III[e] siècle av. J.-C. et reflétant diverses écoles philosophiques.

2. Chandogya Upanishad, 3, 14, I.

individuel au phénomène d'une onde aquatique, dans laquelle le mouvement de l'eau, montant et descendant, nous fait croire qu'une « parcelle » d'eau se déplace sur l'eau. Il est intéressant de noter que les physiciens ont utilisé la même analogie dans le contexte de la théorie du champ afin de dénoncer l'illusion d'une substance matérielle créée par une particule mobile. Ainsi Hermann Weyl écrit :

« Selon la théorie du champ, une particule matérielle telle qu'un électron est simplement un petit domaine du champ électrique à l'intérieur duquel la force prend des valeurs extrêmement élevées, indiquant qu'une énergie relativement importante est concentrée dans un très petit espace. Un tel nœud d'énergie, qui n'est en aucune façon clairement délimité par rapport au reste du champ, se propage dans l'espace vide comme une onde aquatique traversant la surface d'un lac ; il n'existe pas de substance unique dont serait composé l'électron à tous moments[1]. »

Dans la philosophie chinoise, cette notion de champ est non seulement implicite dans la notion de Tao, qui est un vide sans forme, alors même qu'il engendre toutes les formes, mais est également explicite dans le concept de *Ch'i*[2]. Ce terme joue un rôle important dans presque toutes les écoles chinoises de philosophie et fut particulièrement important dans le néo-confucianisme, l'école qui tenta une synthèse du confucianisme, du bouddhisme et du taoïsme. Le mot *Ch'i* signifie littéralement « gaz » ou « éther », et fut utilisé dans l'ancienne Chine afin de désigner le souffle vital ou l'énergie animant le cosmos. Dans le corps humain, les « sentiers du *ch'i* » sont les bases de la médecine traditionnelle chinoise. Le but de l'acupuncture est de stimuler le flux du *Ch'i* à travers ces canaux. Le flux du *Ch'i* est également à la base des mouvements gracieux du *T'ai Chi Ch'uan*, la danse taoïste du guerrier.

Les néo-confucéens développèrent une notion du *Ch'i* qui offre la plus frappante ressemblance avec le concept de champ quantique en physique moderne. Comme le champ quantique, *Ch'i* est conçu comme une forme de la matière ténue et imperceptible qui, présente à travers tout l'espace, se condense en objets matériels solides. Selon les mots de Tchang Tsai :

« Lorsque le *Ch'i* se condense, il devient manifeste, il y a alors des formes. Lorsqu'il se disperse, il n'est plus visible et

1. H. Weyl, *Philosophie des mathématiques et de la science naturelle (Philosophy of Mathematics and Natural Science)*, p. 171.
2. Prononcer « ki ».

il n'y a plus de formes. Au moment de sa condensation, est-il possible de dire qu'il est autre que temporaire ? Mais, au moment de la dispersion, a-t-on le droit d'en déduire hâtivement qu'il est donc inexistant[1] ? »

Ainsi, le *Ch'i* se condense et se disperse régulièrement, produisant toutes les formes qui, ultérieurement, se dissoudront dans le Vide. Comme le dit Tchang Tsai :

« Le Grand Vide ne peut qu'être composé du *Ch'i* ; ce *Ch'i* ne peut que se condenser pour former toutes choses ; et ces choses ne peuvent qu'être dispersées pour former à nouveau le Grand Vide[2]. »

Comme dans la théorie des champs des quanta, le champ — ou le *Ch'i* — est non seulement l'essence sous-jacente de tous les objets matériels, mais conduit leurs interactions sous forme d'ondes. Les descriptions suivantes du concept de champ en physique moderne par Walter Thirring, et de la conception chinoise du monde physique par Joseph Needham, font apparaître leur forte ressemblance.

« La physique théorique moderne a placé notre conception de l'essence de la matière dans un contexte différent. Elle nous a fait passer de la contemplation du visible — les particules — à une entité sous-jacente, fondamentale, le champ. La présence de la matière est seulement une perturbation de l'état parfait du champ à cet endroit ; quelque chose d'accidentel, pourrait-on presque dire, simplement une défectuosité. Par conséquent il n'existe pas de lois simples décrivant les forces entre les particules élémentaires. Ordre et symétrie doivent être cherchés dans le champ sous-jacent[3]. »

« L'univers physique chinois aux époques ancienne et médiévale était un ensemble parfaitement continu : le *Ch'i* condensé en matière palpable n'était pas des particules, mais des objets individuels agissant et réagissant avec tous les autres objets dans le monde, ondulant ou vibrant, dépendant, en dernier ressort, de l'alternance rythmique des deux forces fondamentales, le *yin* et le *yang*. Les objets individuels, donc, possédaient leur rythme intrinsèque. Et ceux-ci étaient intégrés dans le schème général de l'harmonie du monde[4]. »

1. Cité par Fung Yu-lan, *A short History of Chines Philosophy (Histoire abrégée de la philosophie chinoise)*, p. 279.
2. *Ibid.*, p. 280.
3. W. Thirring, *Urbausteine der Materie*, Almanach der Osterreichischen Akademie der Wissenschaften, vol. CXVIII (1968), p. 160 (*Les Matériaux constituants originaires de la matière*, Annuaire de l'Académie des sciences autrichiennes).
4. Needham, *Science et civilisation en Chine (Science and Civilisation in China)*, vol. IV, p. 8-9.

Avec le concept de champ des quanta, la physique moderne a trouvé une réponse inespérée à la vielle question de savoir si la matière est composée d'atomes ou d'un continuum sous-jacent. Le champ est un continuum présent partout dans l'espace et pourtant, sous son aspect particulaire, possède une structure « granulaire » discontinue. Les deux concepts apparemment contradictoires sont ainsi unifiés et considérés simplement comme différents aspects de la même réalité. Comme toujours dans la théorie relativiste, l'unification des deux opposés s'effectue de façon dynamique : les deux aspects de la matière se transforment eux-mêmes l'un en l'autre, indéfiniment. La spiritualité orientale souligne une unité dynamique semblable entre le vide et les formes qu'il engendre.

Selon Lama Govinda :

« Le rapport de la forme et du vide ne peut être conçu comme une relation d'opposés s'excluant mutuellement, mais seulement comme deux aspects de la même réalité, qui coexistent et sont en continuelle coopération [1]. »

La fusion de ces concepts opposés en un tout unique a été exprimée dans ce célèbre sutra bouddhiste :

« La forme est vide, et le vide est vraiment forme. Le vide n'est pas différent de la forme, la forme n'est pas différente du vide. Ce qui est forme c'est le vide, ce qui est vide c'est la forme [2]. »

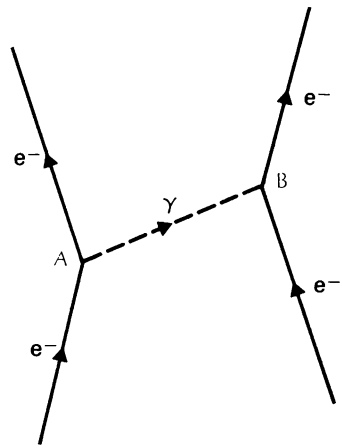
Les théories du champ de la physique moderne ont conduit non seulement à une nouvelle conception des particules subatomiques mais ont aussi modifié de façon décisive notre vision des forces entre ces particules. Le concept de champ était originellement lié au concept de force et, même dans la théorie du champ quantique, il est encore associé aux forces entre les particules. Le champ électromagnétique, par exemple, peut se manifester lui-même comme un « champ libre » sous forme d'ondes/photons, ou il peut jouer le rôle d'un champ de forces entre des particules chargées. Dans le dernier cas, la force se manifeste elle-même dans l'échange de photons entre les particules en relation. La répulsion électrique entre deux électrons, par exemple, passe par ces échanges de photons.

Cette nouvelle notion de force peut sembler difficile à

1. Lama Anagarika Govinda, *Foundation of Tibetan Mysticism (Les Fondements de la mystique tibétaine)*, p. 223.

2. « Prajna-paramita-hridaya Sutra », dans F. M. Muller (édit.), *Livres sacrés d'Orient*, vol. XLIX, *Sutras bouddhistes Mahayanas (Sacred Books of the East*, vol. XLIX, *Buddhist Mahayana Sutras*).

comprendre, mais elle devient plus compréhensible lorsque le processus d'échange d'un photon est figuré sur un diagramme spatio-temporel. Le diagramme ci-dessous montre deux électrons approchant l'un de l'autre, l'un d'eux rejetant le photon (désigné par γ) au point A, l'autre l'absorbant au point B.



Répulsion mutuelle de deux électrons à travers l'échange d'un photon.

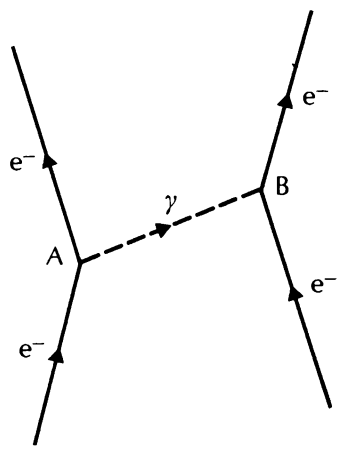
Lorsque le premier électron émet le photon, il change de direction et de vitesse (comme on peut le déduire de la direction et de l'inclinaison différentes de sa trajectoire), et ainsi fait le second électron lorsqu'il absorbe le photon. A la fin, les deux électrons se séparent, s'étant repoussés mutuellement à travers l'échange de photon. L'interaction entre les électrons amorcera une série d'échanges de photons, à la suite de quoi les électrons sembleront s'éloigner l'un de l'autre le long de trajectoires légèrement incurvées.

Dans la physique classique, on dirait que les électrons exercent une force de répulsion les uns sur les autres. Cela, toutefois, est actuellement considéré comme une manière très imprécise de décrire la situation. Aucun des deux électrons ne « ressent » une force lorsqu'ils approchent l'un de l'autre. Tout ce qu'ils font est d'entrer en interaction dans le processus d'échange des photons. La force n'est que l'effet macroscopique global de ces multiples échanges de photons. Ce concept de force n'est par conséquent plus valable en physique subatomique. Ce n'est qu'un concept classique que nous associons (même si ce n'est qu'inconsciemment) à l'idée newtonienne d'une force ressentie à distance. Dans le monde

subatomique, de telles forces n'existent pas, mais seulement des interactions entre les particules, qui passent par des champs, c'est-à-dire d'autres particules. C'est pourquoi les physiciens préfèrent parler d'interactions plutôt que de forces.

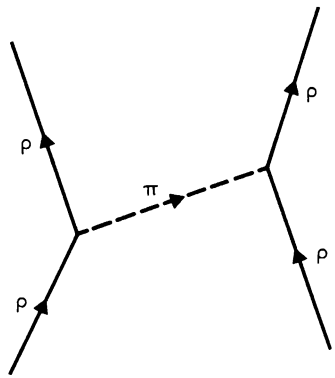
Selon la théorie du champ des quanta, toutes les interactions se font par l'échange des particules. Dans le cas des interactions électromagnétiques, les particules échangées sont des photons ; les nucléons, d'autre part, agissent par la force nucléaire, beaucoup plus puissante, ou « forte interaction », se manifestant elle-même dans l'échange d'une nouvelle sorte de particules appelées « mésons ». Il existe différents types de mésons qui peuvent être échangés entre les protons et les neutrons. Plus les nucléons sont près les uns des autres, plus les mésons qu'ils échangent sont nombreux et lourds. Les interactions entre les nucléons sont donc liées aux propriétés des mésons échangés, et ceux-ci, à leur tour, réagissent par l'échange d'autres particules. Pour cette raison, nous ne pourrons comprendre l'énergie nucléaire à un niveau fondamental sans comprendre l'ensemble du spectre des particules subatomiques.

Dans la théorie du champ des quanta, toutes les interactions des particules peuvent être représentées sous forme de diagrammes spatio-temporels et chaque diagramme est associé à une équation mathématique permettant de calculer la probabilité d'avènement du processus correspondant. Richard Feynman établit en 1949 la correspondance exacte entre les expressions mathématiques et les diagrammes, qui sont depuis lors nommés diagrammes de Feynman. Un trait spéci-



fique de la théorie est la création et la destruction des particules. Par exemple, le photon sur notre diagramme est créé par rejet au point A, et est détruit lorsqu'il est absorbé au point B. Il n'est possible de concevoir un tel processus que dans une théorie relativiste où les particules ne sont pas considérées comme des objets indestructibles, mais plutôt comme des schèmes dynamiques mettant en jeu une certaine quantité d'énergie pouvant être redistribuée lorsque de nouveaux schèmes sont formés.

La création d'une particule massive n'est possible que lorsque l'énergie correspondant à la masse est fournie, par exemple, dans un processus de collision. Dans le cas de fortes interactions, cette énergie n'est pas toujours disponible, par exemple quand deux nucléons entrent en interaction dans un noyau atomique. Dans de tels cas, l'échange de mésons massifs ne devrait donc pas être possible. Cependant, ces échanges ont lieu. Deux protons, par exemple, peuvent échanger un « méson π » ou « pion », dont la masse est environ un septième de la masse du proton.



Échange d'un pion (π) entre deux protons (ρ).

La raison de tels processus d'échange, en dépit du manque apparent d'énergie nécessaire à créer le méson, doit être trouvée dans un « effet quantique » relié au principe d'incertitude. Ainsi qu'on l'a vu, les événements subatomiques advenant dans un court laps de temps impliquent une grande incertitude d'énergie. L'échange des mésons, c'est-à-dire leur création et destruction consécutive, sont des événements de cette sorte. Ils prennent un temps si bref que l'incertitude d'énergie est suffisante pour permettre leur création. Ces mésons sont appelés des particules « virtuelles ». Ils sont dif-

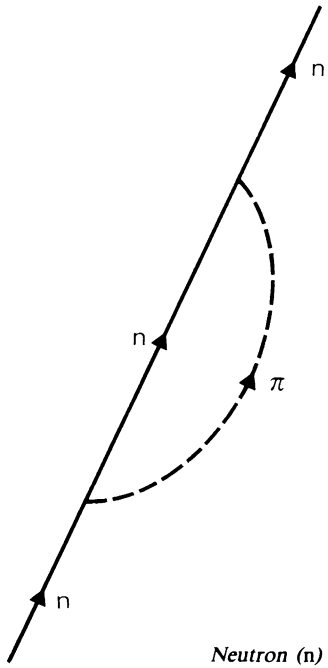
férents des mésons « réels » créés lors des processus de collision, car ils ne peuvent exister que durant la période de temps permise par le principe d'incertitude. Plus les mésons sont lourds (c'est-à-dire plus d'énergie est requise pour les créer) plus court est le temps du processus d'échange. C'est pourquoi les nucléons ne peuvent échanger des mésons lourds que lorsqu'ils sont très rapprochés. Les échanges de photons virtuels, en revanche, peuvent se produire sur des distances indéfinies parce que les photons, étant sans masse, peuvent être créées avec des quantités infiniment minimes d'énergie. Cette analyse des forces nucléaires et électromagnétiques permit à Hideki Yukawa en 1935 non seulement de prévoir l'existence du pion, douze ans avant qu'il ne fût découvert, mais aussi d'en estimer approximativement la masse à partir de la portée de la force nucléaire.

Dans la théorie du champ des quanta, toutes les interactions sont représentées comme l'échange de particules virtuelles. Plus l'interaction est forte, c'est-à-dire plus la « force » résultante entre les particules est puissante, plus la probabilité de tels processus d'échange est élevée. Le rôle des particules virtuelles ne se limite pas toutefois à ces interactions. Un nucléon seul, par exemple, peut très bien émettre une particule virtuelle et la réabsorber peu de temps après. Du moment que le méson créé disparaît pendant le temps imparti par le principe d'incertitude, rien ne peut empêcher un tel processus. Le diagramme de Feynman correspondant pour un neutron émettant et réabsorbant un pion est reproduit ci-après.

La probabilité de tels processus d'« auto-interaction » est très élevée pour les nucléons à cause de leur forte interaction. Cela signifie que les nucléons sont, en fait, tout le temps, en train d'émettre et d'absorber des particules virtuelles. Selon la théorie des champs, ils doivent être considérés comme centres d'une activité continue, entourés par des nuées de particules virtuelles.

Les mésons virtuels doivent disparaître très peu de temps après leur création, ce qui signifie qu'ils ne peuvent s'éloigner beaucoup du nucléon. Le nuage de mésons est donc très petit. Ses régions extérieures sont peuplées de mésons lumineux (pour la plupart des pions) ; les plus lourds mésons, devant être absorbés bien plus rapidement, demeurent à l'intérieur du nuage.

Chaque nucléon est entouré par un tel nuage de mésons virtuels qu'il ne dure qu'un temps excessivement bref. Toutefois, des mésons virtuels peuvent devenir mésons réels dans



Neutron (n) émettant et réabsorbant un pion.

certaines circonstances spéciales. Lorsqu'un nucléon est heurté par une autre particule se déplaçant à une vitesse élevée, une partie de l'énergie cinétique de la particule peut être transférée à un méson virtuel et le libérer du nuage. C'est ainsi que sont créés des mésons réels lors des collisions de haute énergie. D'autre part, lorsque deux nucléons s'approchent si près l'un de l'autre que leurs nuages de mésons se chevauchent, certaines de leurs particules virtuelles peuvent ne pas revenir pour être réabsorbées par leur nucléon d'origine, mais « bondir » et être absorbées par l'autre nucléon. C'est ainsi que se produisent les processus d'échange des fortes interactions.

Cette description montre clairement que les interactions entre les particules, et donc les « forces » entre elles, sont déterminées par la combinaison de leurs nuages virtuels.

La portée d'une interaction, c'est-à-dire la distance entre les particules entre lesquelles se produira l'interaction, dépend de l'étendue des nuages virtuels, et la forme précise de l'interaction dépendra des particules présentes dans les nuages. Ainsi les forces électromagnétiques sont dues à la

présence des photons virtuels « à l'intérieur » des particules chargées, tandis que les fortes interactions entre les nucléons proviennent de la présence des pions virtuels et d'autres mésons « à l'intérieur » des nucléons. Dans la théorie des champs, les forces entre les particules apparaissent comme des propriétés intrinsèques des particules. On considère aujourd'hui que force et matière, les deux concepts qui étaient si rigoureusement séparés dans l'atomisme grec et newtonien, ont leur origine commune dans les systèmes dynamiques que nous nommons particules.

Une telle conception des forces est aussi caractéristique de la spiritualité orientale qui considère le mouvement et le changement comme des propriétés essentielles et intrinsèques de toute chose. « Toutes les choses en rotation, dit Tchang Tsai se référant au ciel, ont une force spontanée et ainsi leur mouvement ne leur est pas imposé de l'extérieur[1] » ; et dans le *Yi king* nous lisons :

« Les lois naturelles ne sont pas des forces extérieures aux choses, mais représentent l'harmonie de leur mouvement intrinsèque[2]. »

Cette antique description chinoise des forces comme représentant l'harmonie du mouvement à l'intérieur des choses se révèle particulièrement juste à la lumière de la théorie du champ quantique, où les forces entre les particules sont considérées comme des schèmes dynamiques (les nuages virtuels) inhérents à ces particules.

Les théories des champs de la physique moderne nous obligent à abandonner la distinction classique entre les particules matérielles et le vide. La théorie d'Einstein du champ de gravité et la théorie du champ quantique montrent toutes deux que les particules ne peuvent être séparées de l'espace qui les entoure. D'une part, elles déterminent la structure de cet espace ; de l'autre, elles ne peuvent être considérées comme des entités isolées, mais doivent être perçues comme les condensations d'un champ continu présent dans tout l'espace. Dans la théorie des champs quantiques, ce champ est considéré comme le fondement de toutes les particules et de leurs interactions.

« Le champ existe toujours et partout ; il ne peut jamais être supprimé. Il est le support de tous les phénomènes maté-

1. Cité dans J. Needham, *op. cit.*, vol. II, p. 62.
2. *Commentaire de l'hexagramme Yü,* dans R. Wilhelm, *Le Yi King ou Livre des changements,* p. 68.

riels. C'est le « vide » à partir duquel le proton crée les mésons π. L'existence et la disparition des particules sont seulement des formes du mouvement du champ[1]. »

La distinction entre matière et espace vide a dû être abandonnée lorsqu'il devint évident que des particules virtuelles peuvent spontanément procéder du vide et y disparaître à nouveau sans qu'aucun nucléon ou autre particule de forte interaction ne soit présent. Voici un « diagramme du vide », un antiproton ($\bar{p}$), un proton (p) et un pion (π) sont formés à partir de rien et disparaissent à nouveau dans le vide. Selon la théorie du champ, les événements de cette sorte se produisent continuellement. Le vide n'a rien à voir avec le néant ! Au contraire, il contient un nombre illimité de particules qui naissent et disparaissent sans fin !

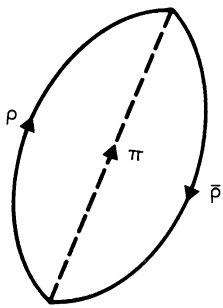


Diagramme du vide.

C'est là le plus étroit parallèle en physique moderne avec le vide au sens oriental. Comme le vide oriental, le « vide physique » — ainsi nommé dans la théorie du champ — n'est pas un pur néant, mais contient la potentialité de toutes les formes du monde particulaire. Ces formes, à leur tour, ne sont pas des entités physiques indépendantes, mais simplement des manifestations transitoires du vide fondamental sous-jacent.

La relation entre les particules virtuelles et le vide est une relation essentiellement dynamique ; le vide est vraiment un « vide vivant », vibrant, selon des rythmes infinis de création et de destruction. Beaucoup de physiciens considèrent la

1. W. Thirring, *op. cit.*, vol. IV, p. 159.

découverte de la qualité dynamique du vide comme l'une des plus importantes de la physique moderne. De son rôle de réservoir vacant des phénomènes physiques, le vide a émergé comme une quantité dynamique de souveraine importance. Les résultats de la physique moderne semblent ainsi confirmer les paroles du sage chinois Tchang Tsai :

> *Quand on sait que le Grand Vide est plein de* Ch'i,
> *On sait que le Néant n'existe pas*[1].

1. Cité par J. Needham, *op. cit.*, vol. IV, p. 33.

15
La danse cosmique

L'exploration du monde subatomique, au XX^e siècle, a révélé le caractère intrinsèquement dynamique de la matière. Elle a montré que les composantes des atomes, les particules subatomiques, sont des systèmes dynamiques non pas entités isolées, mais parties intégrantes d'un réseau indissociable d'interactions. Ces interactions engagent un flux incessant d'énergie se manifestant en échanges de particules ; un effet réciproque dynamique dans lequel des particules sont créées et détruites sans fin en une perpétuelle transformation des systèmes d'énergie. Les interactions de particules donnent naissance à des structures stables formant le monde matériel, qui à nouveau ne demeure pas statique, mais oscille régulièrement. L'univers entier est ainsi engagé dans un mouvement et une activité infinis, en une continuelle danse cosmique, la danse de l'énergie.

Cette danse comporte une énorme variété de styles, mais, de façon étonnante, ils forment peu de catégories distinctes. L'étude des particules et de leurs interactions révèle donc beaucoup d'ordre. Tous les atomes, et par conséquent toutes les formes de matière dans notre environnement, ne sont composés que de trois particules massiques : le proton, le neutron et l'électron. Une quatrième particule, le photon, n'a pas de masse et représente l'unité de radiation électromagnétique. Le proton, l'électron et le photon sont des particules stables, ce qui signifie qu'elles durent éternellement, à moins qu'elles ne soient engagées dans un processus de collision où elles peuvent être annihilées. Le neutron, par contre, peut se désintégrer spontanément. Cette désintégration, la « radiation bêta », est l'opération fondamentale d'un certain type de radioactivité. Elle implique la transformation du neutron en

un proton, accompagnée par la création d'un électron et d'un nouveau type de particule sans masse, appelé le neutrino. Comme le proton et l'électron, le neutrino est stable. Il est communément désigné par la lettre grecque ν (nu), et la « radiation bêta » est symbolisée ainsi :

$$n \rightarrow p + e^- + \nu.$$

La transformation des neutrons en protons dans les atomes d'une substance radioactive entraîne une transformation radicale de ces atomes. Les électrons créés dans le processus sont émis sous la forme de radiations puissantes, largement utilisées en biologie, en médecine et dans l'industrie. Les neutrinos, en revanche, bien qu'émis en nombre égal, sont très difficiles à repérer car ils n'ont ni masse ni charge électrique.

Comme on l'a vu, il existe une antiparticule pour chaque particule, de masse égale et de charge opposée. Le photon est sa propre antiparticule ; l'antiparticule de l'électron est nommée positron, puis il y a un antiproton, un antineutron et un antineutrino. La particule dénuée de masse créée lors de la désintégration bêta n'est pas, en fait, le neutrino mais l'antineutrino (désigné par $\bar{\nu}$), de telle sorte que le processus est énoncé correctement ainsi :

$$n \rightarrow p + e^- + \bar{\nu}.$$

Les particules mentionnées jusqu'ici ne représentent qu'une fraction des particules subatomiques connues aujourd'hui. Toutes les autres sont instables et se désintègrent après un temps très court en d'autres particules, dont certaines peuvent se désintégrer à nouveau jusqu'à ce que subsiste une combinaison de particules stables. L'étude des particules instables est très coûteuse étant donné qu'elles doivent être recréées par collision à chaque investigation, ce qui nécessite d'énormes accélérateurs de particules, des chambres à bulles et autres appareils extrêmement perfectionnés pour la détection des particules.

La plupart des particules instables ne vivent qu'un temps extrêmement court, comparé à la durée de vie humaine ; moins d'un millionième de seconde. Toutefois, leur durée de vie doit être évaluée par rapport à leur taille qui est aussi minuscule. On peut alors dire que beaucoup d'entre elles vivent durant une période relativement longue, et qu'un millionième de seconde est, en fait, un laps de temps considérable dans le monde des particules. Un être humain peut tra-

verser une distance représentant plusieurs fois sa taille en une seconde. Pour une particule, l'espace de temps équivalent serait par conséquent le temps qu'il faut pour parcourir une distance d'un petit nombre de fois sa propre taille ; une unité de temps qui pourrait être nommée une « seconde particule* ».

Particules stables et de relativement longue durée.

		Nom	Symbole	
			Particule	Antiparticule
		photon	γ	
leptons		neutrino	νe $\nu\mu$	$\bar{\nu}e$ $\bar{\nu}\mu$
leptons		electron	e^-	e^+
leptons		muon	μ^-	μ^+
hadrons	mesons	pion	π^+ π°	π^-
hadrons	mesons	kaon	K^+ K°	$\bar{K}^\circ$ K^-
hadrons	mesons	eta	η	
hadrons	baryons	proton	p	$\bar{p}$
hadrons	baryons	neutron	n	$\bar{n}$
hadrons	baryons	lambda	Λ	$\bar{\Lambda}$
hadrons	baryons	sigma	Σ^+ Σ° Σ^-	$\bar{\Sigma}^+$ $\bar{\Sigma}^\circ$ $\bar{\Sigma}^-$
hadrons	baryons	cascade	Ξ° Ξ^-	$\bar{\Xi}^\circ$ $\bar{\Xi}^-$
hadrons	baryons	omega	Ω	$\bar{\Omega}^-$

Le tableau montre treize types différents de particules, dont beaucoup apparaissent dans différents « états chargés ». Les pions, par exemple, peuvent porter une charge positive (π^+), négative (π^-) ou neutre (π°). Il y a deux types de neutrinos, dont l'un interagit seulement avec les électrons (νe), et l'autre seulement avec les muons ($\nu\mu$). Les antiparticules sont également indiquées, trois des particules (γ, π°, η) étant leurs propres antiparticules. Les particules sont disposées par ordre de masse croissante : le photon et les neutrinos sont dépourvus de masse ; l'électron est la plus légère particule massive ; les muons, pions et kaons sont quelques centaines de fois plus lourds que l'électron ; les autres particules sont de un à trois millions de fois plus lourdes.

Pour traverser un noyau atomique de taille moyenne, il faut à une particule environ dix de ces « particules secondes » si elle se déplace à une vitesse approchant celle de la lumière, ainsi que font les particules dans les opérations de

* Les physiciens écrivent cette unité de temps ainsi : 10^{-23} secondes, ce qui représente un nombre décimal avec 23 zéros avant le chiffre 1 (y compris celui avant la virgule), c'est-à-dire pour 0,000 000 000 000 000 000 000 01 seconde.

collision. Parmi le grand nombre des particules instables, il y en a environ deux douzaines qui peuvent traverser plusieurs atomes au moins, avant de se désintégrer. Ce qui représente une distance d'environ cent mille fois leur taille et correspond à une durée de quelques centaines de « particules heures ». Ces particules sont répertoriées sur le tableau, ainsi que les particules stables déjà citées. La plupart des particules instables du tableau couvriront en fait un centimètre entier, ou même plusieurs centimètres, avant de se désintégrer, et celles vivant le plus longtemps, un millionième de seconde, peuvent parcourir plusieurs centaines de mètres avant de se désintégrer, une énorme distance par rapport à leur taille.

Toutes les autres particules connues jusqu'ici appartiennent à une catégorie nommée « résonance » dont il sera question en plus grand détail au chapitre suivant. Elles vivent durant un temps considérablement plus court, se désintégrant après quelques « particules secondes », de telle sorte qu'elles ne peuvent jamais parcourir plus de quelques fois leur taille. Cela signifie qu'elles ne peuvent être perçues dans la chambre à bulles ; leur existence ne peut être inférée qu'indirectement. Les traces aperçues sur des photos de la chambre à bulles ne peuvent être laissées que par des particules énumérées sur le tableau.

Toutes ces particules peuvent être créées et annihilées lors des processus de collision ; chacune peut également être échangée comme une particule virtuelle et contribuer ainsi à l'interaction entre d'autres particules. Il semblerait que cela aboutisse à un grand nombre d'interactions de particules différentes, mais heureusement, bien que nous ne sachions pas encore pourquoi, toutes ces interactions semblent se répartir en quatre catégories avec des forces bien distinctes :

— les fortes interactions ;
— les interactions électromagnétiques ;
— les interactions faibles ;
— les interactions gravitationnelles.

Parmi elles, les interactions électromagnétiques et gravitationelles sont les plus familières, parce qu'elle sont expérimentées à l'échelle mondiale. L'interaction gravitationnelle existe entre toutes les particules, mais elle est si faible qu'elle ne peut être détectée expérimentalement. Dans le monde macroscopique, cependant, l'énorme quantité de particules composant les corps lourds combinent leurs interactions gravitationnelles pour produire la force de gravité qui est la force dominant l'univers dans son ensemble. Les interactions

électromagnétiques surviennent entre les particules chargées électriquement. Elles sont responsables de tous les processus chimiques et de la formation de toutes les structures atomiques et moléculaires. Les fortes interactions maintiennent ensemble protons et neutrons dans les noyaux atomiques. Elles constituent la force nucléaire, de loin la plus puissante de toutes les forces dans la nature. Les électrons, par exemple, sont liés aux noyaux atomiques par la force électromagnétique avec une quantité d'énergie d'environ dix unités (appelées électrons-volts [eV]), tandis que la force nucléaire unit les protons aux neutrons avec des énergies d'environ dix millions d'unités (10 MeV) !

Les nucléons ne sont pas les seules particules concernées par les fortes interactions. En fait, la majorité écrasante est constituée de particules à fortes interactions. De toutes les particules connues aujourd'hui, cinq seulement (et leurs antiparticules) ne participent pas aux fortes interactions. Ce sont les photons et les quatre « leptons » (sur la partie supérieure gauche du tableau). Ainsi, toutes les particules se répartissent en deux groupes : les leptons et les « hadrons », ou particules de fortes interactions. Les hadrons sont aussi divisés en « mésons » et « baryons » qui diffèrent de diverses façons, l'une d'elles étant que tous les baryons ont des antiparticules distinctes, tandis qu'un méson peut être sa propre antiparticule.

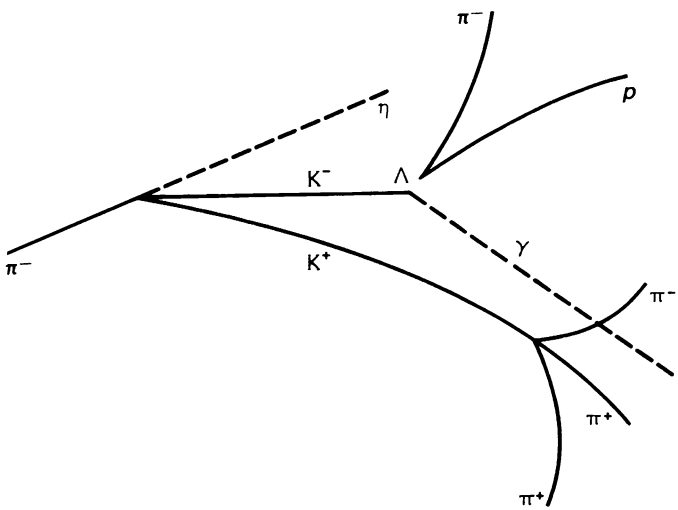
Les leptons appartiennent au quatrième type d'interactions, les interactions faibles. Celles-ci sont si faibles et ont une portée si courte qu'elles ne peuvent rien unir, tandis que les trois autres produisent des forces liantes — les fortes interactions liant les noyaux atomiques, les interactions électromagnétiques les atomes et les molécules, et les interactions gravitationnelles les planètes, les étoiles et les galaxies. Les interactions faibles ne se manifestent que dans certaines sortes de collisions de particules et dans les désintégrations de particules telles que la radiation bêta déjà mentionnée.

Toutes les interactions entre les hadrons sont médiatisées par les échanges d'autres hadrons. Ce sont ces échanges de particules lourdes qui font que les fortes interactions ont une si courte portée. Elles ne s'étendent que sur une distance de la taille de quelques particules et ne peuvent donc jamais former une force macroscopique. Les fortes interactions ne sont donc pas connues dans le monde quotidien. Les interactions électromagnétiques, d'autre part, sont médiatisées par l'échange de photons dénués de masse, leur portée est donc infiniment longue, c'est pourquoi on rencontre les forces

électriques et magnétiques à l'échelle mondiale. Les interactions gravitationnelles, également, sont supposées médiatisées par une particule dénuée de masse, appelée « graviton », mais elles sont si faibles qu'il n'a pas encore été possible d'observer le graviton, bien qu'il n'existe aucune raison sérieuse de douter de son existence.

Les faibles interactions, en définitive, ont une portée extrêmement courte — bien plus courte que celle des fortes interactions — et l'on suppose par conséquent qu'elles sont produites par l'échange d'une particule très lourde, nommée « méson-W ». On suppose que cette particule hypothétique joue un rôle analogue à celui du photon dans les interactions électromagnétiques, mise à part sa masse élevée. Cette analogie est, en fait, à la base des développements les plus récents de la théorie quantique des champs, dans lesquels est tentée la formulation d'une théorie unifiée des interactions électromagnétiques et faibles.

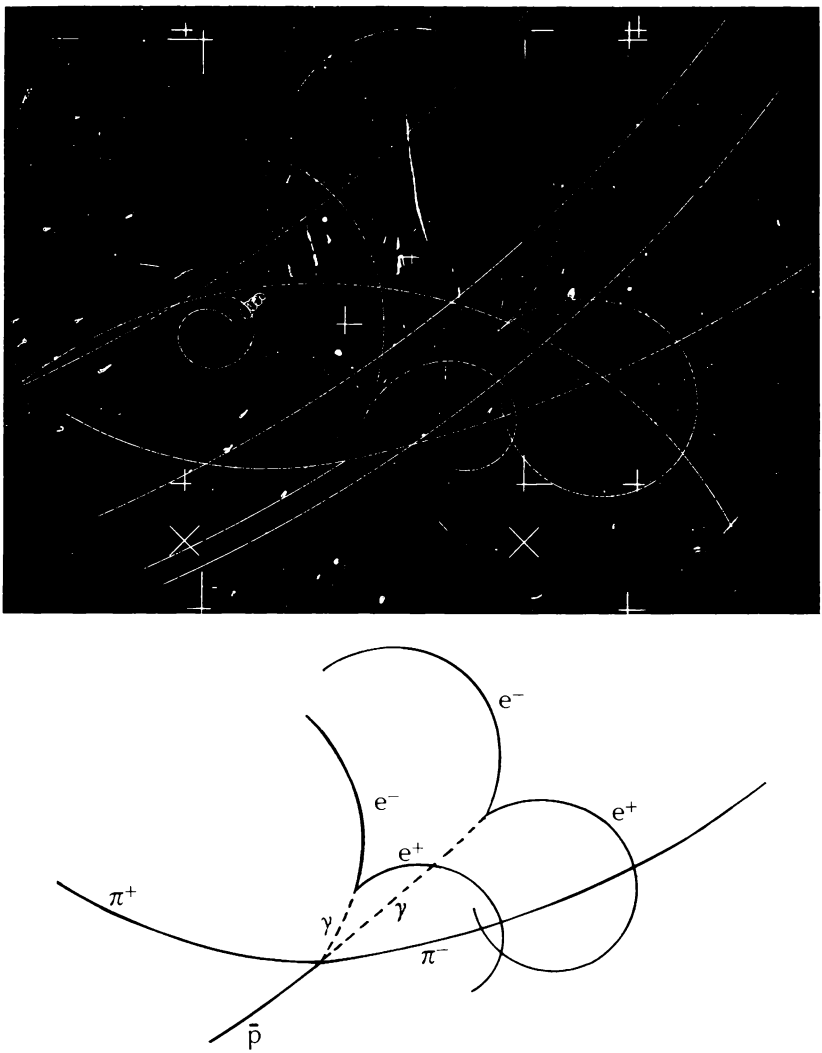
Dans beaucoup de processus de collision en physique des hautes énergies, les interactions fortes, électromagnétiques et faibles se combinent pour produire des réactions en chaîne. Les premières particules s'étant heurtées sont souvent détruites, et plusieurs nouvelles particules sont créées, qui soit subissent de nouvelles collisions, soit se désintègrent, quelquefois en plusieurs étapes, en particules stables* qui finalement demeurent. La photographie dans une chambre à bulles d'un tel cycle de création et de destruction est une illustration impressionnante de la mutabilité de la matière au niveau de la particule, montrant une cascade d'énergie dans laquelle diverses particules sont formées et se dissolvent.



Série complexe de collisions et de disparitions de particules : un pion négatif (π^-), venant de la gauche, entre en collision avec un proton — c'est-à-dire avec le noyau d'un atome d'hydrogène — présent dans la chambre à bulles ; les deux particules sont annihilées et un neutron (n) plus deux kaons (K^- et K^+) sont créés ; le neutron disparaît sans laisser de traces ; le K^- entre en collision avec un autre proton dans la chambre, les deux particules s'annihilent mutuellement et créent une lambda (Λ) et un photon (γ). Ni l'une ni l'autre de ces deux particules neutres n'est visible, mais la Λ disparaît après peu de temps, se transformant en proton (p) et en π^-, qui laissent chacun une trace. La courte distance entre la création de la Λ et sa disparition est visible sur la photographie. Le K^+, finalement, qui fut créé lors de la collision initiale, voyage un moment avant de se transformer en trois pions.

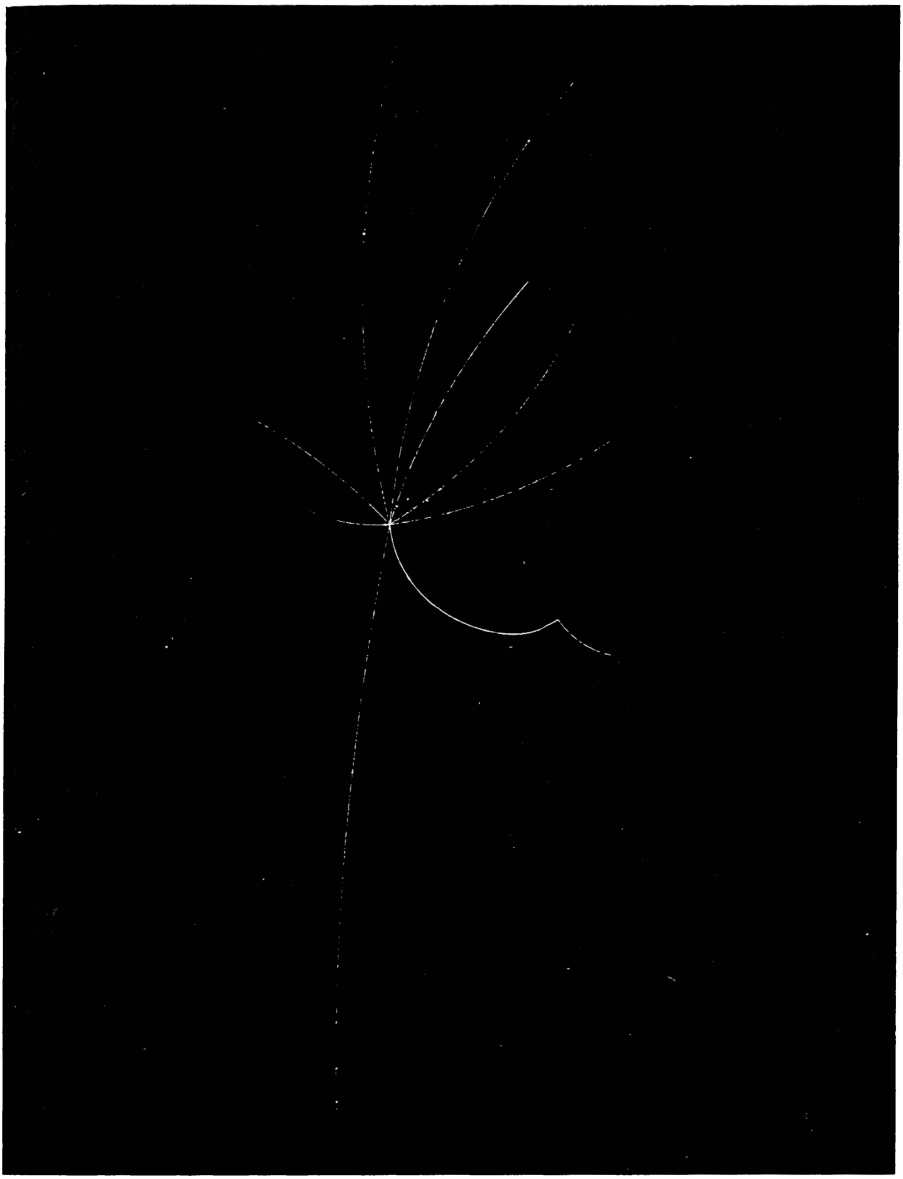
* Remarquez que seules les particules chargées laissent des traces dans la chambre à bulles ; celles-ci sont incurvées par les champs magnétiques dans le sens des aiguilles d'une montre pour les particules chargées positivement, et dans le sens inverse pour les particules négatives.

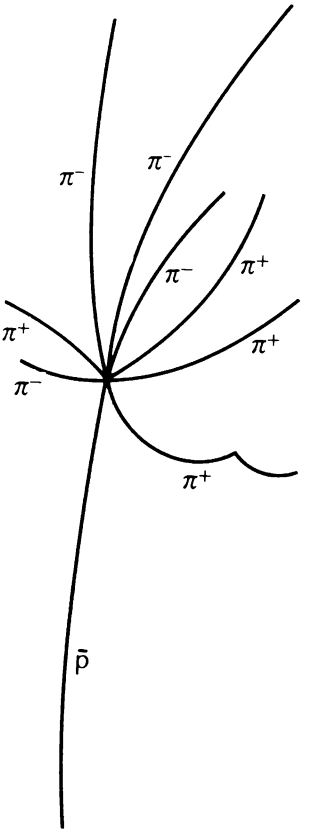
Dans ces chaînes, la création de matière est particulièrement remarquable lorsqu'un photon dénué de masse, mais hautement énergique, invisible dans la chambre à bulles, explose soudain en un couple de particules chargées — un électron et un positron — dessinant des courbes divergentes. Voici un bel exemple d'une réaction comportant deux de ces créations de couples.



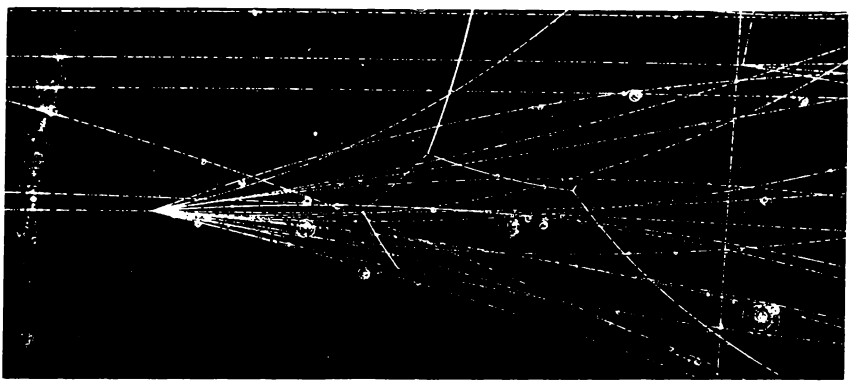
Série d'événements impliquant deux doubles créations : un antiproton ($\bar{p}$), venant d'en bas, entre en collision avec l'un des protons dans la chambre à bulles, créant un π^+ (fuyant vers la gauche), un π^- (fuyant vers la droite) et deux photons (γ), dont chacun crée un couple électron-positron, les positrons (e^+) virant vers la droite et les électrons (e^-) vers la gauche.

Plus forte est l'énergie initiale dans ces collisions, plus grand le nombre de particules créées. La photographie suivante montre la création de huit pions dans une collision entre un antiproton et un proton, et l'autre est l'exemple d'un cas extrême, la création de seize particules dans une collision unique entre un pion et un proton.





Création de huit pions dans une collision entre un antiproton ($\bar{p}$) et un proton (présent dans la chambre à bulles). Voir photographie page précédente.

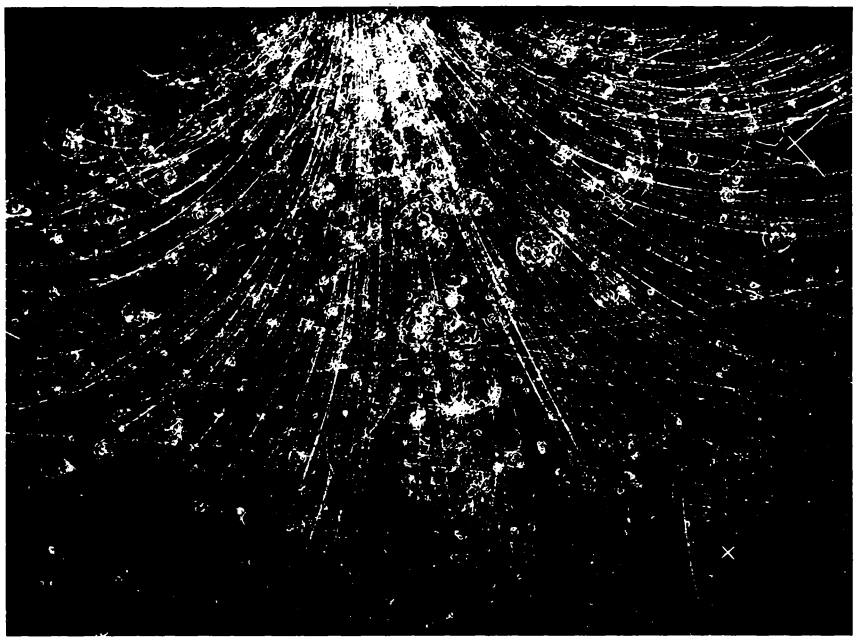


Création de seize particules dans une collision pion-proton.

Toutes ces collisions ont été produites artificiellement en laboratoire en employant d'énormes machines dans lesquelles les particules sont accélérées jusqu'aux énergies requises. Dans la plupart des phénomènes naturels terrestres, les énergies ne sont pas suffisamment élevées pour que soient créées des particules lourdes. Dans l'espace interplanétaire, toutefois, la situation est entièrement différente. Des particules subatomiques apparaissent en grand nombre au centre des étoiles où des collisions similaires à celles étudiées dans les accélérateurs se produisent naturellement tout le temps. Dans certaines étoiles, ces processus produisent une radiation électromagnétique extrêmement forte — sous forme d'ondes radioélectriques, d'ondes lumineuses ou de rayons X — qui est la première source d'information de l'astronome sur l'univers. L'espace interstellaire, comme l'espace intergalactique, est donc plein de radiations électromagnétiques de diverses fréquences, c'est-à-dire de photons d'énergies variées. Ceux-ci, cependant, ne sont pas les seules particules voyageant dans le cosmos. Le « rayonnement cosmique » contient non seulement des photons mais aussi des particules lourdes de toutes sortes dont l'origine est encore un mystère. La plupart d'entre elles sont des protons, dont certains peuvent être porteurs d'énergies extrêmement élevées, bien plus fortes que celles obtenues dans les accélérateurs de particules les plus puissants.

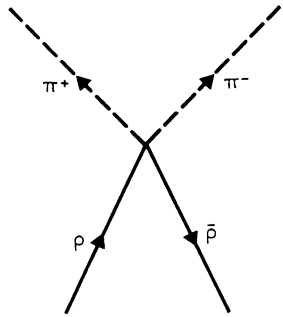
Lorsque ces « rayons cosmiques » hautement énergétiques entrent en contact avec l'atmosphère terrestre, ils se heurtent aux noyaux des molécules d'air de l'atmosphère et produisent une grande variété de particules secondaires qui soit se désintègrent, soit subissent de nouvelles collisions, créant ainsi un plus grand nombre de particules qui entrent en collision et se désintègrent à nouveau, et ainsi de suite, jusqu'à ce que la dernière d'entre elles atteigne la Terre. De cette façon, un simple proton plongeant dans l'atmosphère terrestre peut donner naissance à toute une cascade d'événements dans laquelle son énergie cinétique originelle est transformée en une pluie de particules diverses et est graduellement absorbée, au fur et à mesure qu'elles pénètrent l'air, subissant des collisions multiples. Le même phénomène qui peut être observé dans les expériences de collisions en physique des hautes énergies survient donc naturellement mais plus intensément dans l'atmosphère terrestre ; un flux continuel d'énergie traversant une grande variété de particules selon une danse rythmique de création et de destruction. Ci-dessous une magnifique photo de cette danse de l'énergie qui

fut prise par hasard au moment où une averse inattendue de rayons cosmiques frappa une chambre à bulles, au centre européen de recherches, C.E.R.N., au cours d'une expérimentation.

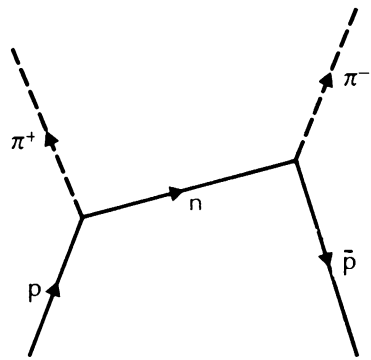


Cascade d'environ 100 particules produite par un rayon cosmique entré accidentellement dans la chambre à bulles. Les traces presque horizontales sur l'image proviennent des particules sortant de l'accélérateur.

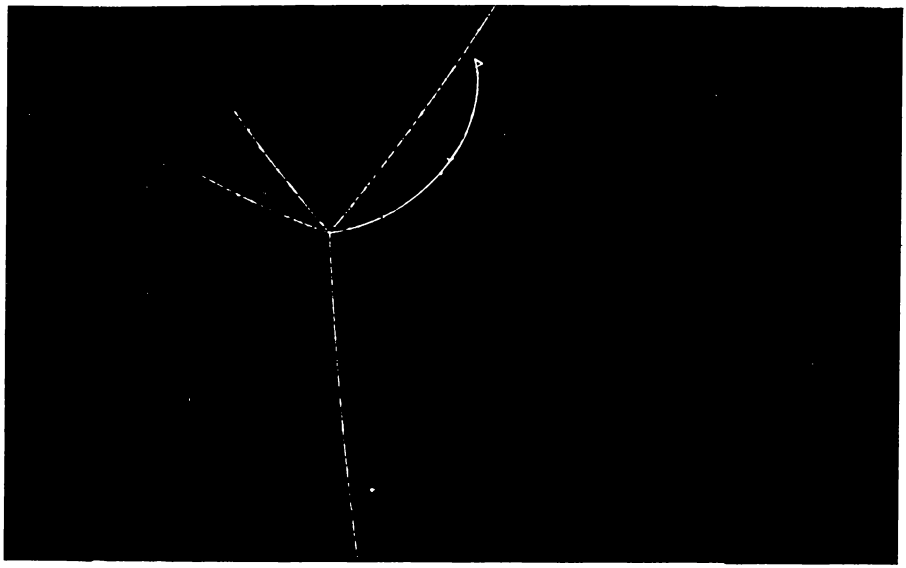
Les processus de création et de destruction survenant dans le monde des particules ne sont pas uniquement ceux qui peuvent être observés sur les photographies des chambres à bulles. Ils comprennent aussi la création et la destruction de particules virtuelles qui sont échangées dans les interactions de particules et ne durent pas suffisamment pour être observées. Prenons, par exemple, la création de deux pions dans une collision entre un proton et un antiproton. Un diagramme spatio-temporel de cet événement ressemblerait à ceci (rappelons-nous que la direction du temps sur ces diagrammes va de bas en haut !).

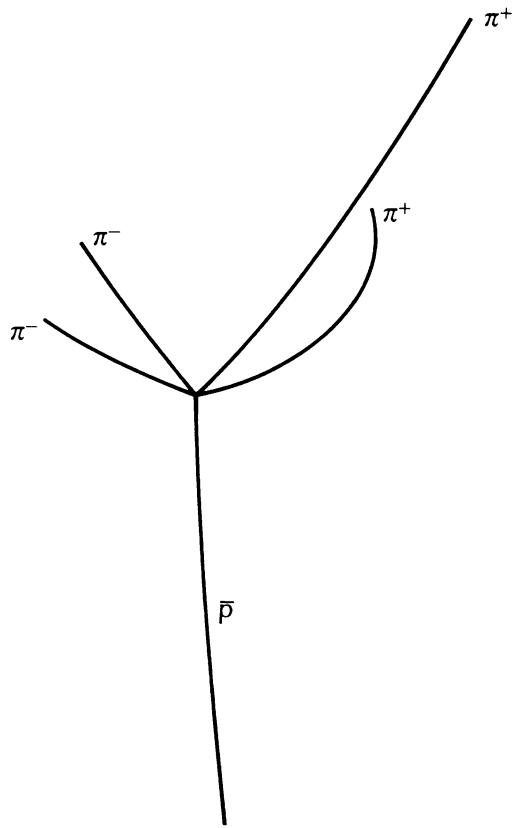


Il indique les trajectoires du proton (p) et de l'antiproton ($\bar{p}$) qui entrent en collision en un point de l'espace et du temps, s'annihilant l'un l'autre et créant les deux pions (π^+ et π^-). Ce diagramme, toutefois, ne donne pas une représentation complète. L'interaction entre le proton et l'antiproton peut être représentée comme l'échange d'un neutron virtuel, comme l'indique le diagramme ci-dessous.

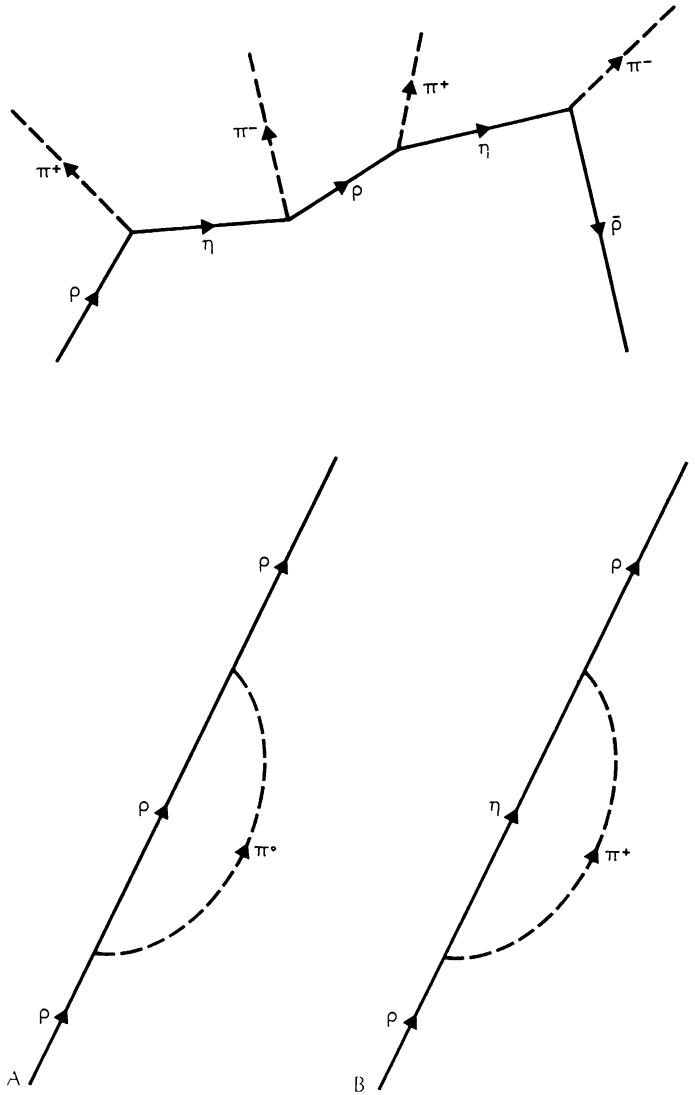


Pareillement, le processus montré sur la photographie suivante, où quatre pions sont créés dans une collision proton-antiproton, peut être imaginé comme un processus d'échange plus complexe comportant la création et la destruction de trois particules virtuelles, deux neutrons et un proton.




π^+
π^+
π^-
π^-
$\bar{p}$

Le diagramme de Feynman correspondant est le suivant* :

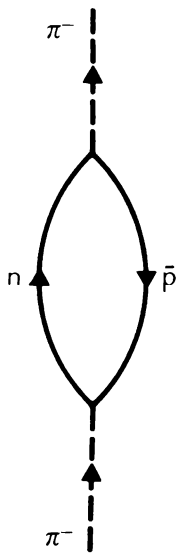


Diagrammes de Feynman montrant un proton émettant et réabsorbant des pions virtuels.

* Les diagrammes suivants sont schématiques et ne donnent pas les angles corrects des trajectoires de la particule. Notons aussi que le proton initial situé dans la chambre à bulles n'apparaît pas sur la photographie, mais possède une trajectoire dans le diagramme spatio-temporel parce qu'il se déplace dans le temps.

Ces exemples illustrent à quel point les traces sur la photographie de la chambre à bulles ne donnent qu'une image approximative des interactions de la particule. Les processus réels impliquent des réseaux bien plus complexes d'échanges de particules. La situation devient, en fait, infiniment plus complexe lorsque nous nous souvenons que chaque particule impliquée dans une interaction émet et réabsorbe sans cesse des particules virtuelles. Un proton, par exemple, émettra et réabsorbera un pion neutre à certains moments. A d'autres moments, il pourra émettre un π^+ et se transformer en neutron qui absorbera le π^+ après une courte période et se retransformera en proton.

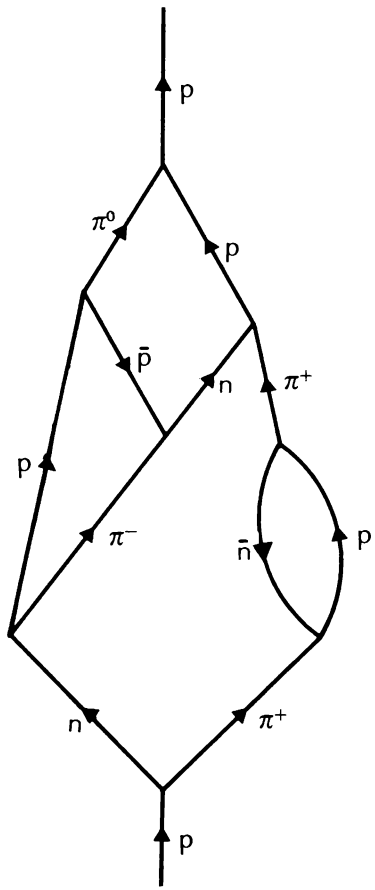
Dans ces processus virtuels, la particule initiale peut disparaître totalement durant un bref laps de temps, comme dans le diagramme. Un pion négatif, pour prendre un autre exemple, peut créer un neutron (n) plus un antiproton ($\bar{p}$) qui se détruisent l'un l'autre afin de réétablir le pion originel :



Création d'un couple virtuel neutron-antiproton.

Il est important de voir que tous ces processus obéissent à la théorie des quanta, et sont donc des tendances, ou des probabilités, plutôt que des réalités. Chaque proton existe virtuellement, c'est-à-dire avec une certaine probabilité, sous

forme d'un proton plus un π°, d'un neutron plus un π^{+}, et bien d'autres encore. Les exemples ci-dessus sont les processus virtuels les plus simples. Des types beaucoup plus complexes surgissent lorsque les particules virtuelles créent d'autres particules virtuelles, engendrant ainsi tout un ensemble d'interactions virtuelles*. Dans son livre *Le Monde des particules élémentaires,* Kenneth Ford a conçu un exemple complexe d'un tel système comportant la création et la destruction de onze particules virtuelles* ; voici son commentaire : « Le diagramme représente une chaîne de réactions, paraissant tout à fait incroyable, mais parfaitement



Réseau d'interactions virtuelles : d'après Ford, op. cit.

* Il faut remarquer que les potentialités ne sont pas complètement arbitraires, mais obéissent à plusieurs lois générales qu'on examinera dans le chapitre suivant.

réelle. Chaque proton effectue de temps en temps exactement cette danse de création et de destruction[1]. »

Ford n'est pas le seul physicien qui ait employé des phrases telles que « danse de création et de destruction » et « danse de l'énergie ». Les idées de rythme et de danse viennent naturellement à l'esprit lorsqu'on essaie d'imaginer le flux d'énergie traversant les systèmes qui forment le monde des particules. La physique moderne nous a révélé que le rythme et le mouvement sont des propriétés essentielles de la matière ; que toute matière, que ce soit ici sur Terre ou dans l'Espace, participe à une continuelle danse cosmique.

Les mystiques orientaux ont une vision dynamique de l'univers proche de celle de la physique moderne, et par conséquent il n'est pas surprenant qu'ils aient, eux aussi, employé l'image de la danse pour traduire leur intuition de la nature. Un bel exemple d'une telle image de rythme et de danse est donnée par Alexandra David-Neel dans son *Voyage au Tibet,* où elle rapporte sa rencontre avec un lama qui se présenta lui-même comme un « maître du son » et lui donna le résumé suivant de sa conception de la matière :

« Toutes choses sont des agrégats d'atomes qui dansent et qui par leurs mouvements émettent des sons. Lorsque le rythme de la danse varie, le son produit change également. Chaque atome chante perpétuellement sa chanson, et le son, à chaque instant, crée des formes lourdes ou subtiles[2]. »

La similitude de cette vision et de celle de la physique moderne devient particulièrement remarquable lorsque nous nous rappelons que le son est une onde possédant une certaine fréquence qui change lorsque le son varie, et que les particules, l'équivalent moderne du vieux concept d'atomes, sont aussi des ondes aux fréquences proportionnelles à leurs énergies. Selon la théorie quantique des champs, chaque particule en effet « chante perpétuellement sa chanson », produisant des systèmes rythmiques d'énergie (les particules virtuelles) sous des « formes lourdes ou subtiles ». La métaphore de la danse cosmique a trouvé son expression la plus profonde et la plus belle dans l'hindouisme, avec la danse du dieu Shiva. Parmi ses nombreuses incarnations, Shiva, l'un des dieux indiens les plus anciens et les plus populaires, apparaît en Prince des danseurs. Selon la croyance hindoue, toute vie participe d'un immense processus rythmique de création

1. K. W. Ford, *The World of Elementary Particles (Le Monde des particules élémentaires),* p. 209.
2. A. David-Neel, *Tibetan Journey (Le Voyage au Tibet),* p. 186-187.

Shiva Nataraja, bronze, Inde du Sud, XII^e siècle.

et de destruction, de mort et de renaissance, et la danse de Shiva symbolise ce rythme éternel vie/mort qui se prolonge en des cycles infinis. Selon Ananda Coomaraswamy :

« Dans la nuit de Brahman, la nature est inerte et ne peut danser tant que Shiva ne le désire : il se relève de son extase et, dansant, envoie à travers la matière inerte des ondes sonores d'éveil. Et voici que la matière danse aussi, faisant autour de lui un cercle glorieux. Dansant, il soutient les myriades de phénomènes. Quand les temps sont révolus, dansant encore, il détruit toutes formes et noms par le feu et

apporte un nouveau repos. Cela est de la poésie, mais n'en est pas moins de la science[1]. »

La danse de Shiva symbolise non seulement les cycles cosmiques de création et de destruction, mais aussi le rythme quotidien de naissance et de mort, considéré dans la mystique indienne comme le fondement de toute existence. En même temps, Shiva nous rappelle que les multiples formes dans le monde sont *maya* — non pas fondamentales, mais illusoires et constamment changeantes —, tandis qu'il continue à les créer et à les dissoudre dans le flux incessant de sa danse. Ainsi Heinrich Zimmer le décrit-il :

« Ses gestes sauvages et pleins de grâce précipitent l'illusion cosmique ; ses bras et ses jambes virevoltent et l'ondoiement de son torse produit la création/destruction de l'univers, la mort contrebalançant exactement la naissance, anéantissant la fin de tout événement[2]. »

Les artistes indiens des XI^e^ et XII^e^ siècles ont représenté la danse cosmique de Shiva par de magnifiques sculptures en bronze de danseurs à quatre bras, dont les gestes superbement équilibrés et cependant dynamiques expriment le rythme et l'unité de la vie. Les diverses significations de la danse sont exprimées par les détails de ces figures dans une imagerie complexe. La main droite supérieure du dieu tient un tambour qui symbolise le son primal de la création, la main gauche supérieure porte une langue de flamme, élément de destruction. L'équilibre des deux mains représente l'équilibre dynamique de la création et de la destruction dans le monde, accentué par le visage calme et détaché du danseur à égale distance des deux mains, là où la bipolarité de la création et de la destruction est dissoute et transcendée. La seconde main droite est levée comme pour dire « n'aie pas peur », symbolisant soin, protection et paix, tandis que la main gauche restante désigne en bas le pied soulevé qui symbolise la délivrance du charme maléfique de *maya*. Le dieu est représenté dansant sur le corps d'un démon, symbole de l'ignorance humaine, qui doit être subjuguée pour que la libération puisse être obtenue.

La danse de Shiva — selon Coomaraswamy — est « la plus claire représentation de l'activité de dieu dont un art ou une religion puisse se glorifier[3] ». Le dieu étant une personnification du Brahman, son activité est celle des innombrables manifestations de Brahman dans le monde. La danse de

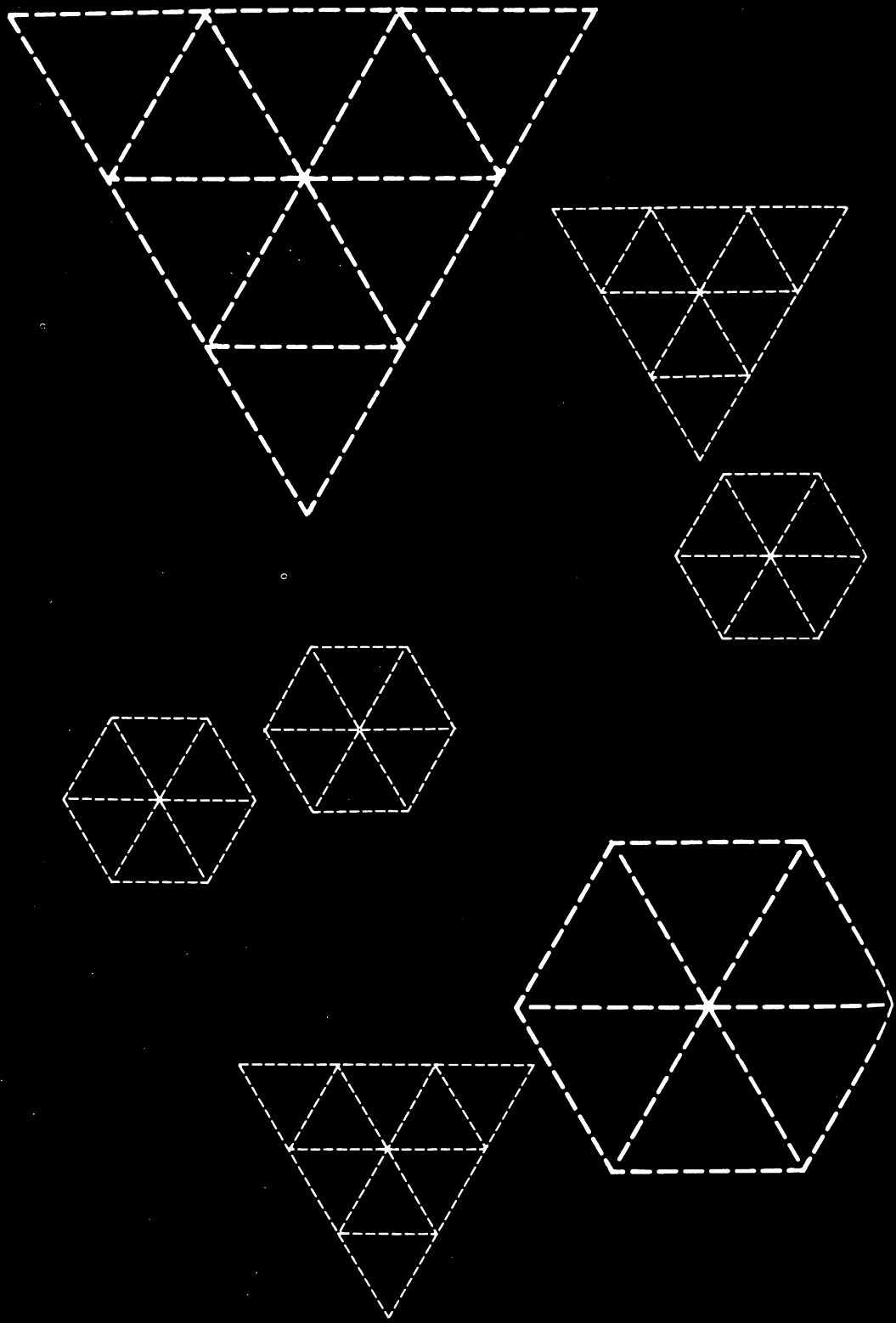
1. A. K. Coomaraswamy, *The Dance of Shiva (La Danse de Shiva)*, p. 78.
2. H. Zimmer, *Myths and Symbols in Indian Art and Civilisation (Mythes et symboles dans l'art et la civilisation indienne)*, p. 155.
3. A. K. Coomaraswamy, *op. cit.*, p. 67.

Shiva est celle de l'univers, le flux incessant d'énergie parcourant une variété infinie de figures qui se fondent les unes dans les autres.

La physique moderne a révélé que le rythme de création et de destruction ne se manifeste pas seulement dans le cycle des saisons, et celui de la naissance et de mort de toutes les créatures vivantes, mais est également l'essence même de la matière inorganique. Selon la théorie quantique des champs, toutes les interactions entre les composantes de la matière passent par l'émission et l'absorption de particules virtuelles. La physique moderne a ainsi révélé que chaque particule subatomique n'exécute pas seulement une danse d'énergie, mais *est* également cette danse, une pulsation de création et de destruction.

Les figures de cette danse sont un aspect essentiel de chaque espèce de particule et déterminent plusieurs de ses propriétés. Par exemple, l'énergie mise en jeu dans l'émission et l'absorption des particules virtuelles équivaut à une certaine masse qui contribue à la masse de la particule en autointeraction. Différentes particules forment des figures différentes dans leur danse, exigeant différentes quantités d'énergie, et donc ont différentes masses. Les particules virtuelles, finalement, ne sont pas seulement un élément essentiel des interactions et de la plupart des propriétés des particules, mais elles sont également créées et détruites par le vide. Ainsi, non seulement la matière, mais aussi le vide, participent à la danse cosmique, créant et détruisant sans fin des systèmes d'énergie.

Pour le physicien moderne, donc, la danse de Shiva est la danse de la matière subatomique. Comme dans la mythologie hindoue, c'est une danse continuelle de création et de destruction entraînant l'univers entier ; c'est le fondement de toute existence et de tout phénomène naturel. Il y a des siècles, des artistes indiens représentèrent Shiva-dansant, en une belle série de bronzes. A notre époque, les physiciens ont utilisé la technologie la plus avancée pour peindre les figures de la danse cosmique. Les photographies des particules en interaction dans la chambre à bulles, qui témoignent du rythme continuel de création et de destruction dans l'univers, sont des images de la danse de Shiva égalant celles des artistes indiens par leur beauté et leur signification profonde. La métaphore de la danse cosmique réunit ainsi la mythologie antique, l'art religieux et la physique moderne. C'est vraiment, comme l'a dit Coomaraswamy, « poétique et néanmoins scientifique ».



16
Les symétries quarks

UN NOUVEAU « KOAN » ?

Le monde subatomique est un monde de rythmes, de mouvements et de changements continuels. Il n'est, toutefois, ni arbitraire ni chaotique, et se conforme à des modèles très précis et clairs. Tout d'abord, toutes les particules d'une espèce donnée sont totalement identiques : elles possèdent exactement la même masse, la même charge électrique et d'autres propriétés caractéristiques identiques. De plus, toutes les particules chargées ont des charges électriques exactement égales (ou opposées) à celle de l'électron, ou doubles. Il en va de même des autres quantités qui sont des attributs caractéristiques des particules ; elles ne reçoivent pas de valeurs arbitraires mais sont réduites à un nombre limité, qui nous autorise à les classer en quelques groupes distincts ou « familles ». Cela pose la question de savoir comment ces modèles définis surviennent dans le monde dynamique et constamment changeant des particules.

L'émergence de modèles dans la structure de la matière n'est pas un phénomène nouveau, mais a déjà été observée dans le monde atomique. Comme les particules subatomiques, les atomes d'une espèce donnée sont complètement identiques et les différentes sortes d'atomes, d'éléments chimiques, ont été réparties en plusieurs groupes dans la table périodique. Cette classification est maintenant bien comprise ; elle est fondée sur le nombre de protons et de neutrons présents dans les noyaux atomiques et sur la répartition des électrons qui gravitent en « couches » autour des noyaux. Ainsi qu'on l'a vu, la nature ondulatoire des électrons limite la distance mutuelle de leurs orbites, et le degré

de rotation qu'un électron peut avoir dans une orbite donnée, à quelques valeurs définies correspondant à des vibrations spécifiques des ondes.

Par conséquent, des modèles définis se révèlent dans la structure atomique, caractérisés par un ensemble de « nombres quantiques » intégraux, et reflètent les structures ondulatoires des ondes électroniques dans leurs orbites atomiques. Ces vibrations déterminent les « états quantiques » d'un atome et révèlent que deux atomes quelconques seront totalement identiques s'ils sont tous deux soit dans leur « état fondamental » soit dans le même « état d'excitation ».

Les modèles dans le monde des particules offrent de grandes similitudes avec ceux du monde atomique. La plupart des particules, par exemple, tournoient autour d'un axe comme une toupie. Leur rotation ou *spin* est limitée à des valeurs définies qui sont des multiples intégraux d'une certaine unité de base. Ainsi les baryons ne peuvent avoir que des spins de 1/2, 3/2, 5/2, etc., tandis que les mésons ont des spins de 0, 1, 2, etc. Cela rappelle fortement les quantités de rotation que manifestent les électrons dans leurs orbites atomiques, limitées elles aussi à des valeurs définies spécifiées par des nombres intégraux.

L'analogie avec les modèles atomiques est encore accentuée par le fait que toutes les particules de fortes interactions, ou hadrons, semblent se ranger en des séries dont les membres ont des propriétés identiques, sauf en ce qui concerne leurs masses et leurs spins. Les éléments supérieurs de ces séries sont des particules, dont la durée de vie est extrêmement brève, appelées « résonances », qui ont été découvertes en grand nombre durant la dernière décennie. Les masses et les spins des résonances augmentent de façon bien définie à l'intérieur de chaque série, qui semble s'étendre indéfiniment. Cette régularité suggère une analogie avec les états d'excitation des atomes et a conduit les physiciens à considérer les éléments supérieurs d'une série d'hadrons non comme des particules différentes, mais tout simplement comme des états d'excitation de l'élément qui a la masse la plus basse. Comme un atome, un hadron peut donc exister dans des états d'excitation divers, de courte durée, comportant des quantités plus élevées de rotation (ou spin) et d'énergie (ou masse).

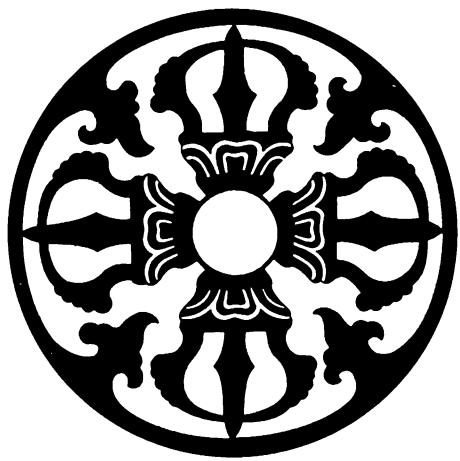
La similitude entre les états quantiques des atomes et des hadrons laisse supposer que les hadrons sont aussi des objets composés avec des structures capables d'être « excitées », c'est-à-dire d'absorber de l'énergie pour former diffé-

rentes particules. Aujourd'hui, toutefois, nous ne comprenons pas comment elles sont formées. En physique atomique, cela peut s'expliquer en fonction des propriétés et des interactions mutuelles des constituants des atomes (protons, neutrons et électrons), mais en physique des particules une telle explication n'a pas encore été possible. Les modèles découverts dans le monde de la particule ont été déterminés et classés d'une manière purement empirique et ne peuvent être dérivés du détail de la structure des particules. La difficulté essentielle que les physiciens des particules doivent affronter réside dans le fait que la notion classique d'« objets » composés constitués d'un ensemble de « composantes » ne peut être appliquée aux particules élémentaires. L'unique façon de découvrir ce que sont les « composantes » de ces particules est de les désintégrer en les heurtant les unes contre les autres dans des processus de collision impliquant des énergies élevées. Cependant, quand cela est réalisé les fragments qui en résultent ne sont jamais des « éléments plus petits » des particules originales. Deux protons, par exemple, peuvent éclater en une grande variété de fragments lorsqu'ils entrent en collision à des vitesses élevées, mais il n'existera jamais parmi eux de « fractions de proton ». Les fragments seront toujours des hadrons entiers constitués à partir des énergies cinétiques et des masses des protons en collision. La décomposition d'une particule en ses « composantes » est loin d'être déterminée, puisqu'elle dépend de l'énergie mise en jeu dans le processus de collision. Nous traitons ici d'une situation relativiste par excellence où des systèmes d'énergie dynamique sont dissous et réordonnés, et donc les concepts statiques d'objets composés et de parties composantes ne peuvent leur être appliqués. La « structure » d'une particule élémentaire ne peut être comprise qu'en un sens dynamique, en fonction des processus et des interactions.

La façon dont les particules éclatent en fragments dans les processus de collision est déterminée par certaines règles et, les fragments étant encore des particules de la même espèce, ces règles peuvent aussi être utilisées pour décrire les récurrences qui peuvent être observées dans le monde des particules. Dans les années soixante, lorsque la plupart des particules connues aujourd'hui furent découvertes et que commencèrent à apparaître des « familles » de particules, la plupart des physiciens — tout naturellement — portèrent leurs efforts sur le repérage des récurrences, plutôt que de s'attaquer au problème ardu de la recherche des causes dyna-

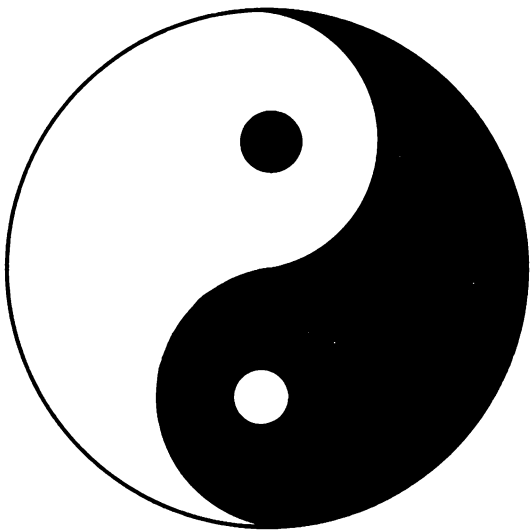
miques des schémas particulaires. Ce faisant, leurs efforts furent couronnés de succès.

La notion de symétrie joua un rôle important dans leur recherche. En élargissant le concept commun de symétrie et en lui conférant une signification plus abstraite, les physiciens furent capables d'en faire un outil puissant qui s'avéra extrêmement utile dans la classification des particules. Dans la vie quotidienne, le cas le plus commun de symétrie est



associé à la réflexion du miroir ; une figure est dite symétrique lorsqu'on peut tracer une ligne médiane et, de cette façon, la diviser en deux parties qui sont le reflet exact l'une de l'autre. Des degrés plus élevés de symétrie sont offerts par des modèles permettant plusieurs tracés de lignes de symétrie, comme le motif suivant utilisé dans le symbolisme bouddhiste.

La réflexion, toutefois, n'est pas l'unique opération associée à la symétrie. Une figure est également dite symétrique si elle ne change pas après qu'on l'a fait pivoter sous un certain angle. La forme du diagramme chinois *yin yang*, par exemple, est fondée sur une telle symétrie de rotation.



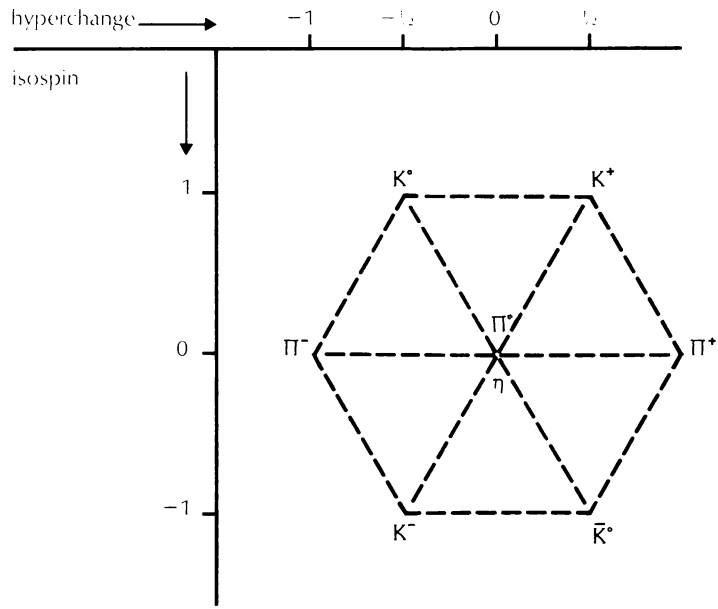
Dans la physique des particules, les symétries sont associées à plusieurs autres opérations à côté des réflexions et des rotations, qui peuvent avoir lieu non seulement dans l'espace (et le temps) ordinaire, mais aussi dans des espaces mathématiques abstraits. Elles sont appliquées aux particules, ou groupes de particules, et puisque les propriétés des particules sont liées à leurs interactions mutuelles, les symétries s'appliquent aussi aux interactions, c'est-à-dire aux processus dans lesquels les particules sont engagées. La raison pour laquelle ces opérations de symétrie sont si utiles tient au fait qu'elles sont étroitement liées aux « lois de conservation ». Chaque fois qu'un processus dans le monde de la particule révèle une certaine symétrie, il existe une quantité

mesurable qui est « conservée », c'est-à-dire une quantité qui demeure constante durant le processus. Ces quantités fournissent des éléments constants dans la danse complexe de la matière subatomique et sont donc idéales pour décrire les interactions de la particule. Certaines quantités sont conservées dans toutes les interactions, d'autres seulement dans quelques-unes, de telle sorte que chaque processus est associé à un ensemble de quantités conservées. Ainsi les symétries dans les propriétés des particules apparaissent comme des lois de conservation dans leurs interactions. Les physiciens utilisent les deux concepts de façon interchangeable, se référant quelquefois à la symétrie d'un processus, quelquefois à la loi de conservation correspondante, suivant ce qui convient le mieux au cas particulier.

Il existe quatre lois fondamentales de conservation qui sont observables dans tous les processus, trois d'entre elles étant associées aux simples opérations de symétrie dans le temps et l'espace ordinaires. Toutes les interactions de particules sont symétriques quels que soient les décalages dans l'espace — elles sont identiques à Paris ou à San Francisco. Elles sont aussi symétriques en ce qui concerne les décalages dans le temps, ce qui veut dire qu'elles surviendront de la même manière un lundi ou un mercredi. La première de ces symétries est liée à la conservation du moment magnétique, la seconde à la conservation de l'énergie. Cela signifie que le moment total de toutes les particules impliquées dans une interaction et leur énergie totale (y compris toutes leurs masses) seront exactement les mêmes avant et après l'interaction. La troisième symétrie fondamentale est celle qui concerne l'orientation dans l'espace. Dans une collision de particules, par exemple, il n'est pas important que les particules en collision approchent l'une de l'autre selon un axe orienté nord-sud ou est-ouest. En conséquence de cette symétrie, la quantité totale de rotation impliquée dans un processus comprenant les spins des particules individuelles subsiste toujours. Finalement, la charge électrique est conservée. Il s'agit d'une opération de symétrie plus compliquée mais, dans sa formulation en tant que loi de conservation, elle est très simple : la charge transportée par toutes les particules impliquées dans une interaction demeure constante.

Il existe encore plusieurs lois de conservation qui correspondent à des opérations de symétrie dans les espaces mathématiques abstraits, comme celle de la conservation de la charge. Certaines d'entre elles sont valables pour toutes les interactions, pour autant que nous le sachions ; d'autres, seu-

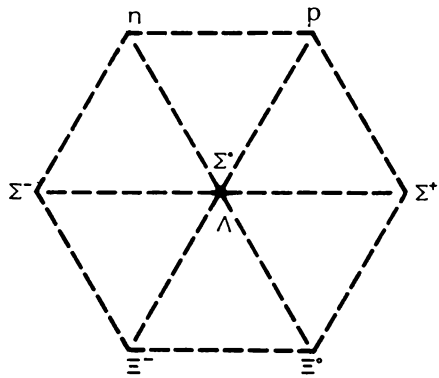
lement pour quelques-unes (c'est-à-dire pour les interactions fortes et électromagnétiques mais non pour les faibles interactions). Les quantités conservées correspondantes peuvent être considérées comme des « charges abstraites » portées par les particules. Puisqu'elles prennent toujours des valeurs entières (± 1, ± 2, etc.), ou des « demi » valeurs (± 1/2, ± 3/2, ± 5/2, etc.), elles sont appelées « nombres quantiques », par analogie avec les *quanta.* Chaque particule est donc caractérisée par un ensemble de nombres quantiques qui, ajouté à sa masse, détermine complètement ses propriétés.



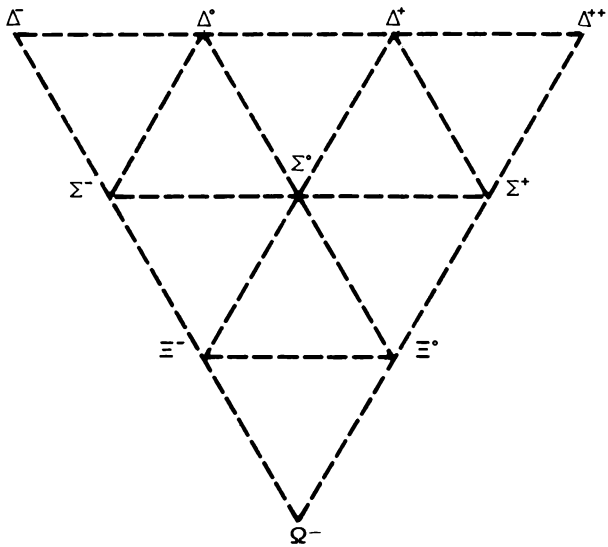
L'octet des mésons.

Les hadrons, par exemple, portent des valeurs définies d'« isospin » et « hypercharge », deux nombres quantiques qui sont conservés dans toutes les fortes interactions. Si les huit mésons recensés sur la table au chapitre précédent sont disposés selon les valeurs de ces nombres quantiques, on voit qu'ils forment un hexagone qui présente une grande symétrie ; par exemple, des particules et des antiparticules occupent des places opposées dans l'hexagone, les deux particules au centre étant leurs propres antiparticules. Les huit plus légers baryons forment exactement la même figure octet

baryon. Cette fois, cependant, les particules ne sont pas contenues dans l'octet, mais forment un anti-octet identique. Le baryon restant de notre table de particules, l'oméga, appartient à une autre série, avec neuf vibrations. Toutes les particules dans un modèle de symétrie donné ont des nombres quantiques identiques, exceptés les isospins et les hypercharges qui leur assignent leurs places dans la structure. Par exemple, tous les mésons dans l'octet ont un spin nul (c'est-à-dire qu'ils ne tournoient pas du tout) ; les baryons dans l'octet ont un spin de 1/2, et les autres ont un spin de 3/2.



L'octet des baryons.



Le décuplet des baryons.

Les nombres quantiques sont donc utilisés pour répartir les particules en familles formant des structures symétriques, afin de déterminer les places des particules individuelles à l'intérieur de chaque modèle et, en même temps, de classer les diverses interactions des particules selon les lois de conservation qu'elles observent. Les deux concepts associés de symétrie et de conservation s'avèrent extrêmement pratiques pour l'énoncé des récurrences dans le monde des particules.

Il est surprenant que la plupart de ces récurrences puissent être représentées de façon très simple si l'on suppose que tous les hadrons sont constitués d'un petit nombre d'entités élémentaires qui ont jusqu'ici échappé à l'observation directe. Murray Gell-Mann a donné à ces entités le nom imaginaire de « quarks », renvoyant ses collègues physiciens à la phrase de James Joyce dans *Finnegans Wake* : « Trois quarks pour Muster Mark », lorsqu'il postula leur existence. Gell-Mann réussit à expliquer un grand nombre des systèmes de hadrons, dont il a été question plus haut, en assignant des nombres quantiques appropriés à ses trois quarks et à leurs antiquarks, et en assemblant ensuite ces éléments fondamentaux en diverses combinaisons pour former des baryons et des mésons dont les nombres quantiques sont obtenus simplement en additionnant ceux de leurs quarks constitutifs. En ce sens, on peut dire que les baryons sont « composés » de trois quarks, leurs antiparticules des antiquarks correspondants, et les mésons d'un quark plus un antiquark. La simplicité et l'efficacité de cette théorie sont frappantes, mais conduisent à de graves difficultés si les quarks sont considérés comme constituants matériels des hadrons. Jusqu'ici, aucun hadron n'a jamais été divisé en ses composantes quarks, bien qu'ils aient été bombardés avec les plus hautes énergies disponibles, ce qui signifie que les quarks seraient maintenus ensemble par des forces liantes extrêmement puissantes. Selon notre connaissance actuelle des particules et de leurs interactions, ces forces ne peuvent se manifester qu'à travers l'échange d'autres particules, et par conséquent ces autres particules seraient également présentes à l'intérieur de chaque hadron. S'il en était ainsi, toutefois, elles contribueraient aux propriétés des hadrons et détruiraient ainsi le schéma additif des quarks.

En d'autres termes, si les quarks sont maintenus ensemble par des forces d'interaction puissantes, celles-ci doivent mettre en jeu d'autres particules et les quarks doivent par conséquent révéler une sorte de « structure » exactement comme

toutes les autres particules à fortes interactions. Pour la théorie, cependant, il est essentiel d'avoir des quarks ponctuels sans structure. A cause de cette difficulté fondamentale, il n'a pas été possible jusqu'à présent de formuler la théorie du quark d'une façon dynamique et cohérente, rendant compte des symétries et des forces liantes.

Du point de vue expérimental, il y eut une ardente, mais vaine « chasse au quark » pendant la dernière décennie. Si des quarks isolés existent, ils devraient être très remarquables car le modèle théorique de Gell-Mann exige qu'ils possèdent certaines propriétés très rares, comme des charges électriques de 1/3 et 2/3 de celle de l'électron, qui n'apparaissent pas n'importe où dans le monde des particules. Jusqu'à présent, on n'a observé aucune particule possédant ces propriétés, en dépit d'une recherche des plus intensives. Cet échec persistant à les détecter expérimentalement, ajouté aux sérieuses objections théoriques à l'égard de leur existence, a rendu la réalité des quarks extrêmement incertaine.

D'autre part, la théorie des quarks réussit très bien à rendre compte des récurrences découvertes dans l'univers des particules, bien qu'elle ne soit plus utilisée sous sa forme originale simple. Dans le modèle original de Gell-Mann, tous les hadrons sont constitués de trois sortes de quarks et de leurs antiquarks, mais depuis les physiciens ont dû postuler des quarks additionnels afin d'expliquer la grande variété des types d'hadrons. Gell-Mann lui-même a récemment émis l'hypothèse que chaque quark peut se manifester sous trois formes différentes qu'il a nommées fort à propos, lors d'une conférence à Paris, « quarks bleus, blancs et rouges ». Cela fit passer le nombre total de quarks à neuf et, depuis lors trois nouveaux quarks ont été postulés*, ce qui a autorisé l'un des orateurs, lors d'une conférence récente de physique à Paris, à faire allusion, de manière facétieuse, « aux douze quarks observés ».

Le nombre de récurrences pouvant être décrites avec succès grâce à ces douze quarks est vraiment impressionnant. Il n'y a aucun doute que les hadrons présentent des « symétries quarks », alors même que notre compréhension actuelle des particules et des interactions écarte l'existence des quarks matériels. Aujourd'hui, durant l'été 1974, les paradoxes entourant la théorie des quarks deviennent de plus en plus aigus. Un grand nombre de données expérimentales soutien-

* Le quatrième triplet de quarks implique l'existence d'un nouveau type d'hadrons. Les « particules psi », récemment découvertes, peuvent être de cette sorte.

nent le système du quark ; d'autres le contredisent violemment. Personne n'a jamais vu de quark, et, selon nos idées sur les interactions des particules, les quarks ne peuvent exister. Cependant, les hadrons se comportent très souvent exactement comme s'ils étaient constitués de composantes élémentaires ponctuelles. Cette situation rappelle fortement les premiers temps de la physique atomique lorsque des paradoxes tout aussi surprenants conduisirent les physiciens à faire un bond en avant dans leur compréhension des atomes. L'énigme du quark possède tous les traits d'un nouveau *koan* qui, à son tour, pourrait conduire à une percée majeure dans notre compréhension des particules élémentaires.

La découverte de configurations symétriques dans le monde particulaire a conduit plusieurs physiciens à croire que ces figures reflètent les lois fondamentales de la nature. Durant les quinze dernières années, beaucoup d'efforts ont été consacrés à la recherche d'une « symétrie fondamentale » ultime, qui incorperait toutes les particules connues, « expliquant » ainsi la structure de la matière. Cette ambition reflète une attitude philosophique héritée des Grecs anciens et cultivée pendant plusieurs siècles. La symétrie, avec la géométrie, joue un rôle important dans la science, la philosophie et l'art grecs, où elle fut identifiée à la beauté, à l'harmonie et à la perfection. Ainsi les pythagoriciens considéraient-ils les nombres symétriques comme l'essence de toutes choses ; Platon croyait que les atomes des quatre éléments avaient la forme de solides réguliers, et la plupart des astronomes grecs pensaient que les corps célestes obéissaient à des mouvements circulaires parce que le cercle était la forme géométrique atteignant le plus haut degré de symétrie.

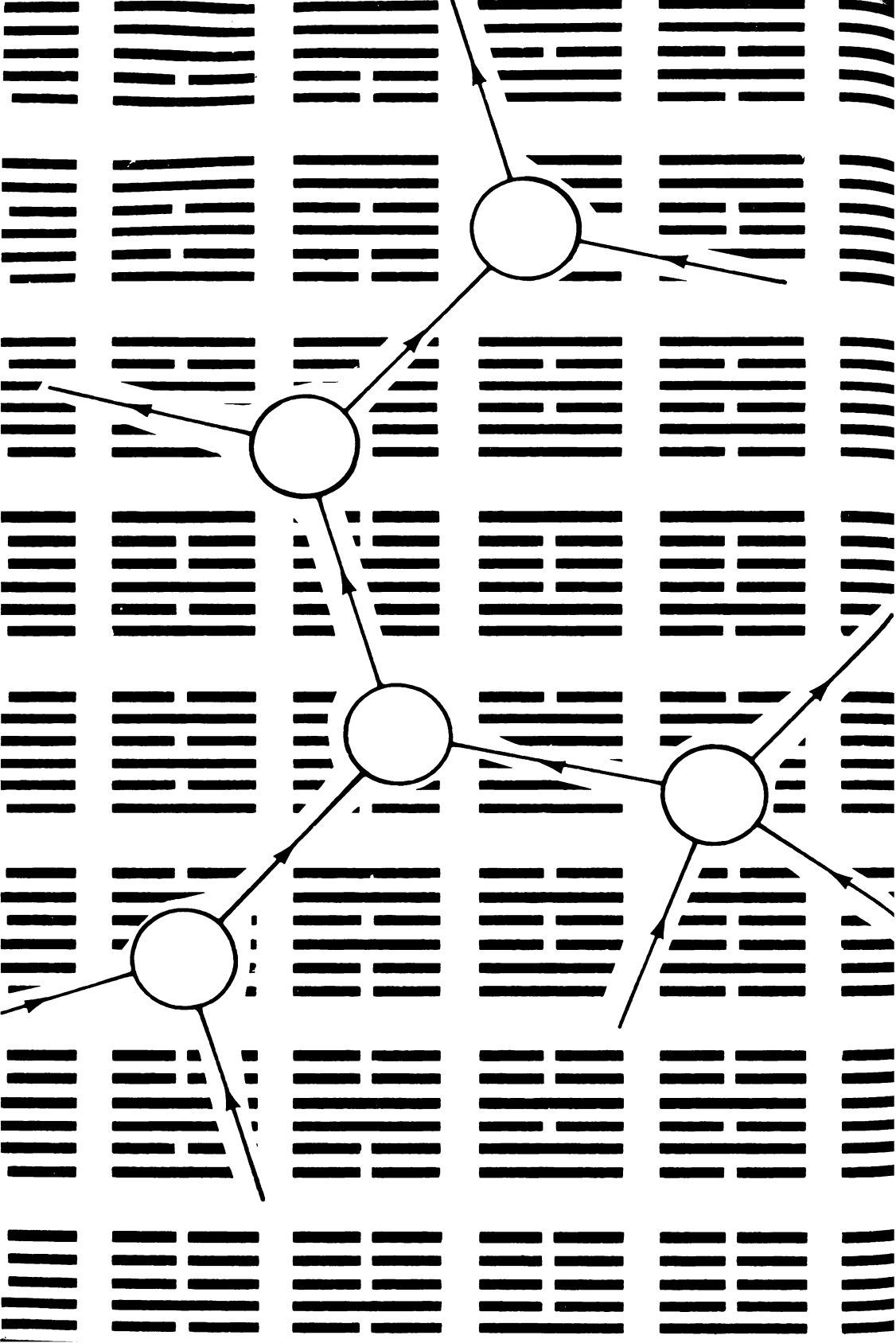
L'attitude de la philosophie orientale à l'égard de la symétrie forme un contraste frappant avec celle des anciens Grecs. Les traditions spirituelles orientales emploient fréquemment des figures symétriques comme symboles ou comme supports à la méditation, mais le concept de symétrie ne joue aucun rôle primordial dans leur philosophie. De même que la géométrie, elle est considérée comme une construction de l'esprit, plutôt que comme une propriété de la nature, et donc sans importance fondamentale. Par conséquent, beaucoup de formes d'art oriental marquent une prédilection saisissante pour l'asymétrie et évitent souvent toutes les formes régulières ou géométriques. Les peintures d'inspiration Zen de Chine et du Japon, ou les dispositions irrégulières des dalles dans les jardins japonais, illustrent clairement cet aspect de la culture extrême-orientale.

Dalles dans les jardins du palais Katsura, Kyoto, Japon.

Il semblerait, donc, que la recherche des symétries fondamentales en physique des particules relève de notre héritage hellénique qui s'avère, d'une manière ou d'une autre, incompatible avec la vision générale du monde qui commence à émerger de la science moderne. L'accent mis sur la symétrie

n'est toutefois pas le seul aspect de la physique des particules. Opposée à l'approche « statique » de la symétrie, il a toujours existé une école de pensée « dynamique » qui ne considère pas les structures des particules comme des caractéristiques fondamentales de la nature, mais tente de les comprendre comme conséquences de la nature dynamique et de l'intrication du monde infra-atomique. Les deux derniers chapitres montrent comment cette école de pensée a donné naissance, durant la dernière décennie, à une conception radicalement différente des symétries et des lois de la nature, mais en harmonie avec la vision du monde de la physique moderne décrite jusqu'ici, et en parfait accord avec la philosophie orientale.

Oiseaux au bord du lac, *par Liang K'ai, dynastie Song du Sud.*



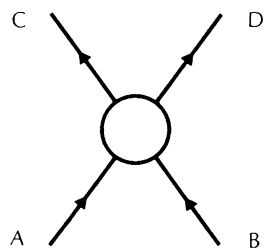
17
Les formes du changement

L'explication des symétries dans le monde des particules comme un système dynamique, c'est-à-dire par la description des interactions entre les particules, est l'une des principales gageures de la physique actuelle. Le problème, en dernière analyse, consiste à prendre en compte simultanément la théorie quantique et la théorie de la relativité. Les structures des particules semblent refléter la « nature quantique » de ces particules, puisque des structures semblables apparaissent dans le monde des atomes. Dans la physique particulaire, toutefois, elles ne peuvent être expliquées comme des modèles ondulatoires dans la théorie quantique, parce que les énergies mises en jeu sont si élevées que la théorie de la relativité doit être appliquée. Seule une théorie « quantique-relativiste » des particules, par conséquent, saurait expliquer les symétries observées.

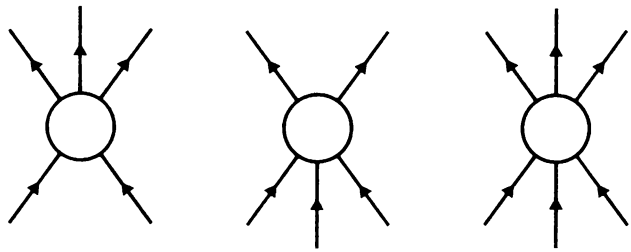
La théorie quantique du champ fut le premier schème théorique de cette sorte. Elle a donné une excellente description des interactions électromagnétiques entre les électrons et les photons, mais convient beaucoup moins à la description des particules à fortes interactions. Tandis qu'ils découvraient de plus en plus de ces particules, les physiciens eurent tôt fait de réaliser qu'il était impossible d'associer chacune d'entre elles à un champ fondamental et, lorsque le monde des particules se révéla un tissu de processus intriqués de plus en plus complexes, ils durent chercher d'autres représentations pour cette réalité dynamique et constamment changeante. Ils avaient besoin d'un formalisme mathématique qui aurait été capable de décrire d'une façon dynamique la grande variété des structures d'hadrons : leur transformation continuelle les unes dans les autres, leur interaction à travers l'échange

d'autres particules, la formation d'« états de liaison » de deux hadrons ou plus et leur désintégration en combinaisons variées de particules. Tous ces processus, souvent désignés par le nom de « réactions des particules », sont des traits caractéristiques des fortes interactions et doivent être expliqués dans une théorie « quantique relativiste » des hadrons.

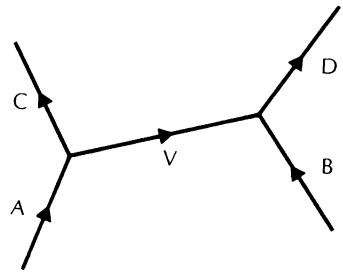
Le cadre qui semble le mieux convenir à la description des hadrons et de leurs interactions est appelé « théorie de la matrice S ». Son concept clé, la « matrice S », fut à l'origine proposé par Heisenberg en 1943, et a été développé durant les deux dernières décennies en une structure mathématique complexe qui semble convenir idéalement à la description des fortes interactions. La matrice S est un éventail de probabilités pour toutes les réactions possibles impliquant des hadrons. Son nom vient de ce qu'il est possible d'imaginer la collection entière des réactions d'hadrons possibles, sous une forme que les mathématiciens nomment matrice. La lettre S est un rappel du nom originel « matrice de dispersion (*scattering* en anglais) », faisant référence aux processus de fission — ou de dispersion — de la majorité des réactions particulaires. Pratiquement, bien sûr, personne ne s'intéresse jamais à la totalité des réactions d'hadrons, mais toujours à quelques réactions spécifiques. Par conséquent, personne ne s'occupe jamais de la matrice S tout entière, mais seulement



de celles de ses parties, ou « éléments », qui se rapportent aux processus examinés. Ceux-ci sont représentés symboliquement par des diagrammes ; celui ci-dessus représente l'une des réactions les plus simples et les plus générales : deux particules, A et B, entrent en une collision d'où émergent deux nouvelles particules, C et D. Des processus plus complexes mettent en jeu un plus grand nombre de particules et sont représentés par les diagrammes tels que les suivants :



Il faut souligner que ces diagrammes de matrice S sont très différents des diagrammes de la théorie des champs de Feynman. Ils ne représentent pas le mécanisme détaillé de la réaction, mais précisent simplement les particules initiales et finales. Le processus du type A + B → C + D, par exemple, peut être représenté dans la théorie des champs comme l'échange d'une particule virtuelle V, tandis que, dans la théorie de la matrice S, on trace simplement un cercle sans



préciser ce qui se passe à l'intérieur. En outre, les diagrammes de matrice S ne sont pas des diagrammes spatio-temporels mais des représentations symboliques plus générales des réactions. Ces dernières ne sont pas censées se produire en des points définis de l'espace et du temps, mais sont décrites en fonction des vitesses (ou, plus précisément, en fonction des moments) des particules entrant et sortant.

Cela signifie, bien entendu, qu'un diagramme de matrice S contient beaucoup moins d'informations qu'un diagramme de Feynman. En revanche, la théorie de la matrice S évite une difficulté caractéristique de la théorie des champs. Les effets combinés des théories quantiques et de la relativité empêchent de localiser précisément une interaction entre des particules définies. Selon le principe d'incertitude, l'incertitude de la vitesse d'une particule augmentera au fur et à mesure que sera localisée plus rigoureusement sa région d'interaction, et, par conséquent, la quantité d'énergie cinéti-

que sera de plus en plus incertaine. Par la suite, cette énergie deviendra suffisamment puissante pour que soient créées de nouvelles particules, conformément à la théorie de la relativité, et donc on ne peut plus être certain d'avoir affaire à la réaction originale. Par conséquent, dans une théorie combinant à la fois la théorie quantique et celle de la relativité, il n'est pas possible de déterminer précisément la position des particules individuelles. Si cela est fait, comme dans la théorie des champs, on doit s'accommoder des incohérences mathématiques qui sont, effectivement, le problème majeur de toutes les théories des champs quantiques. La théorie de la matrice S évite cet écueil en spécifiant les moments des particules et en demeurant suffisamment vague au sujet de la région dans laquelle a lieu la réaction.

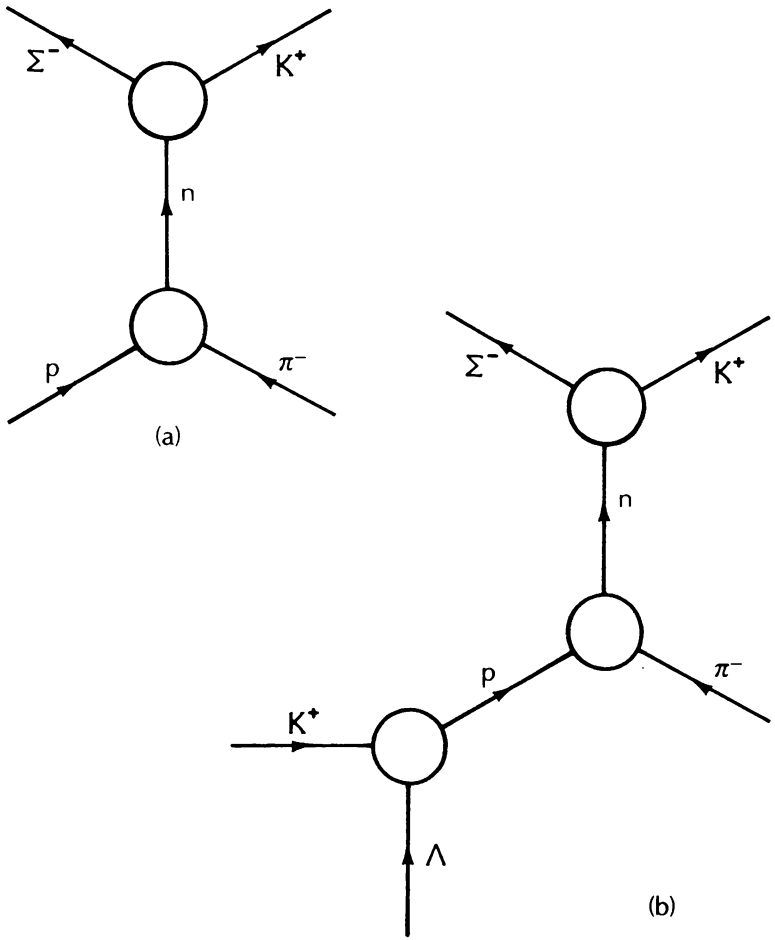
La nouveauté importante dans la théorie de la matrice S est le déplacement de l'accent porté non plus sur les objets mais sur les événements ; son intérêt ne porte pas sur les particules, mais sur leurs réactions. Un déplacement des objets aux événements est exigé à la fois par la théorie quantique et la théorie de la relativité. D'une part, la théorie quantique a fait apparaître clairement qu'une particule subatomique ne peut être comprise que comme manifestation de l'interaction entre divers procédés de mesure. Elle n'est pas un objet isolé mais plutôt un événement, qui interfère de façon particulière avec d'autres événements. Selon Heisenberg :

« En physique moderne, le monde est maintenant divisé non en différents groupes d'objets mais en différents groupes de connexions. Ce qui peut être distingué est la sorte de connexion qui est prédominante dans un certain phénomène. Le monde apparaît donc comme un tissu complexe d'événements, dans lequel les connexions de diverses sortes alternent, se chevauchent partiellement ou se combinent, déterminant de cette manière la trame de l'ensemble[1]. »

La théorie de la relativité, d'autre part, nous a obligés à concevoir les particules en fonction de l'Espace-Temps : comme des systèmes à quatre dimensions, des processus plutôt que des objets. La théorie de la matrice S combine ces points de vue. Utilisant le formalisme mathématique quadridimensionnel de la théorie de la relativité, elle décrit toutes les propriétés des hadrons sous forme de réactions (ou, plus précisément, de probabilités de réactions), établissant ainsi un lien étroit entre les particules et les processus. Chaque

1. W. Heisenberg, *Physics and Philosophy (Physique et Philosophie)*, p. 107.

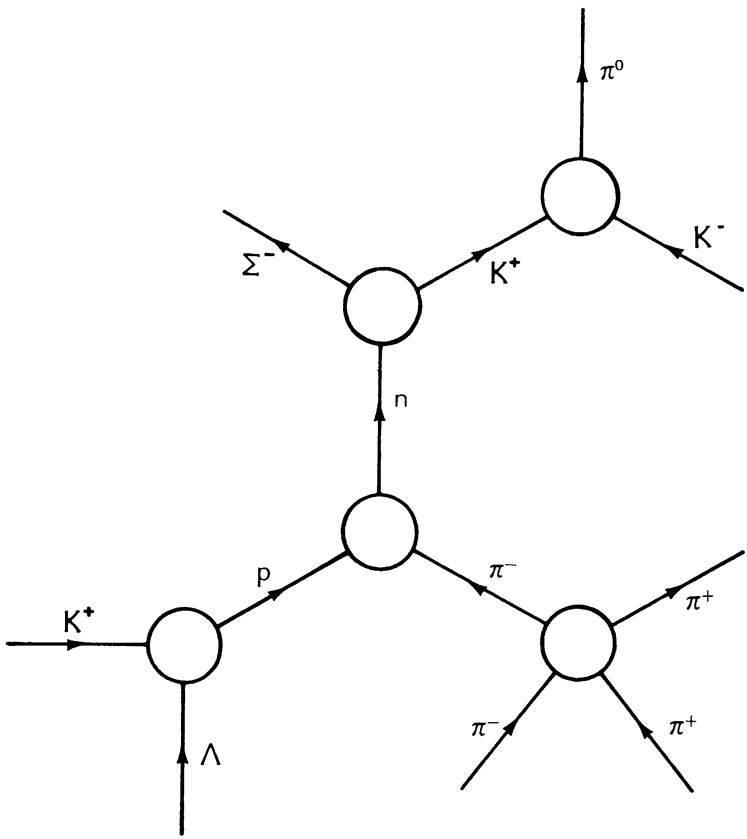
réaction met en jeu des particules qui la relient à d'autres réactions formant ainsi un réseau de processus.



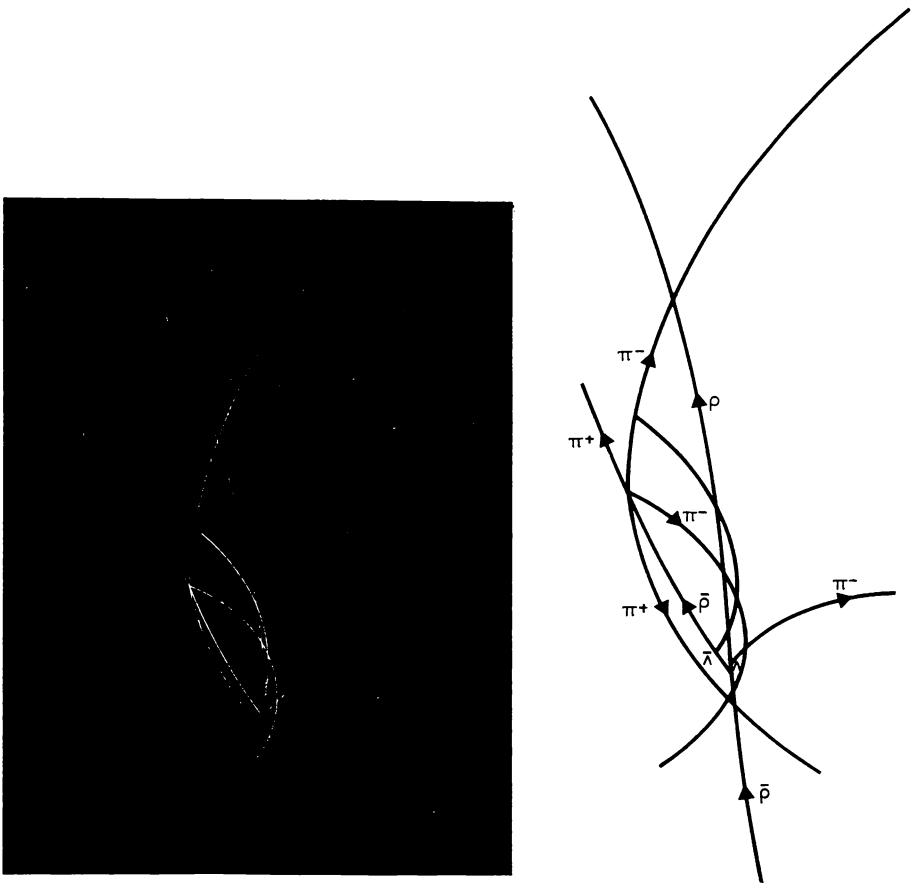
Un neutron, par exemple, peut participer à deux réactions successives concernant des particules différentes ; la première, disons, un proton et un π^-, la seconde un Σ^- et un K^+. Le neutron relie ainsi ces deux réactions, les intégrant dans un processus plus vaste (voir diagramme [a]). Chacune des particules initiales et finales dans le processus sera impliquée dans d'autres réactions ; le proton, par exemple, peut surgir d'une interaction entre un K^+ et un Λ (voir diagramme [b] ci-dessus), le K^+ dans la réaction originelle peut être lié à un K^- et un π° ; le π^-, à trois pions de plus.

Le neutron originel est ainsi considéré comme élément d'un réseau d'interactions, d'un « tissu d'événements », la matrice S les décrivant tous. Les interactions dans un tel réseau ne peuvent être déterminées avec certitude, mais sont associées à des probabilités. Chaque réaction se produit selon une certaine probabilité, qui dépend de l'énergie disponible et des caractéristiques de la réaction, et ces probabilités sont données par les divers éléments de la matrice S.

Cette approche permet de donner à la structure d'un hadron une définition dynamique. Nous pouvons considérer que le neutron, dans notre réseau, est un « état de liaison » du proton et du π^- dont il est issu, et aussi comme un état de liaison du Σ^- et du K^+ dans lesquels il se désintègre. Chacune de ces combinaisons d'hadrons, et bien d'autres, peuvent former un neutron, et, par conséquent, nous pouvons dire qu'elles sont des composantes de la structure du neutron. La structure d'un hadron n'est donc pas comprise



comme une disposition définie d'éléments constitutifs, mais est donnée par tous les ensembles de particules qui peuvent entrer en interaction les uns avec les autres pour former l'hadron. Ainsi un proton existe virtuellement sous forme de couple neutron-pion, kaon-hypéron, etc. Le proton a également la possibilité virtuelle de se désintégrer en l'une quelconque de ces combinaisons de particules, s'il y a suffisamment la possibilité virtuelle de se désintégrer en une quelconque de ces combinaisons de particules, s'il y a suffisamment la possibilité virtuelle de se désintégrer en une quel- diverses formes sont exprimées par les probabilités des réactions correspondantes, dont toutes peuvent être considérées comme des aspects de la structure interne de l'hadron.



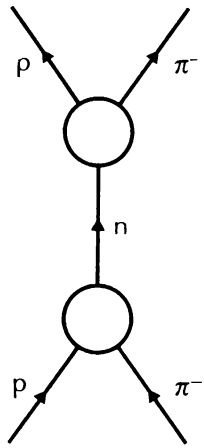
Réseau d'interaction impliquant des protons, des antiprotons, un couple lambda-antilambda et plusieurs pions.

En définissant la structure d'un hadron comme sa tendance à subir des réactions, la théorie de la matrice S donne au concept de structure une signification essentiellement dynamique. En même temps, cette notion de structure est en parfait accord avec les faits expérimentaux. Chaque fois que des hadrons sont fragmentés lors d'expérimentation de collisions de hautes énergies, ils se désintègrent en combinaisons d'autres hadrons ; nous pouvons donc dire qu'ils consistent virtuellement en ces combinaisons de hadrons. Chacune des particules née d'une telle collision subira, à son tour, des réactions diverses, formant un réseau d'événements pouvant être photographiés dans la chambre à bulles. La photo ci-dessus et celles du chapitre 15 sont des exemples d'un tel réseau de réactions.

Bien que la production d'un réseau donné soit une question de hasard, il est néanmoins structuré selon des règles déterminées. Ces règles sont les lois de conservation déjà mentionnées ; seules peuvent se produire les réactions dans lesquelles un ensemble bien défini de nombres quantiques est conservé. Tout d'abord, l'énergie totale doit demeurer constante dans chaque réaction. Cela veut dire qu'une certaine combinaison de particules peut naître d'une réaction seulement si l'énergie engagée dans la réaction est suffisamment élevée pour fournir les masses requises. De plus, le nouveau groupe des particules doit porter exactement les mêmes nombres quantiques que ceux portés par les particules initiales dans la réaction. Par exemple, un proton et un π^-, portant une charge électrique totale nulle, peuvent se dissoudre dans une collision pour former un neutron plus un π°, mais ils ne peuvent devenir un neutron et un π^+, puisque ce couple porterait une charge totale égale à $+ 1$.

Les réactions de l'hadron représentent donc un flux d'énergie dans lequel des particules sont créées et dissoutes, mais l'énergie ne peut passer qu'à travers certains « canaux » caractérisés par les nombres quantiques conservés dans les fortes interactions. Dans la théorie de la matrice S, la notion de canal de réaction est plus fondamentale que celle de particule. Elle est définie comme un ensemble de nombres quantiques qui peuvent être affectés à diverses combinaisons d'hadrons et souvent à un seul hadron. Quelle combinaison d'hadrons passe à travers une certaine voie ? Cela est une question de probabilité mais dépend, avant tout, de l'énergie impliquée. Le diagramme ci-contre, par exemple, représente une interaction entre un proton et un π^- dans laquelle un neutron est formé à l'étape intermédiaire. Ainsi, le canal de

réaction est formé, premièrement, par deux hadrons, puis par un seul hadron, et, finalement, par la paire d'hadrons initiale. S'il y a plus d'énergie disponible, le même canal peut être emprunté par un couple Λ —K°, Σ^{-}—K, ou par d'autres combinaisons.



La notion de canaux de réactions est particulièrement adéquate pour traiter des résonances, ces états d'hadron de durée extrêmement brève qui sont caractéristiques de toutes les interactions fortes. Ce sont des phénomènes si éphémères que les physiciens hésitèrent d'abord à les classer parmi les particules, et, aujourd'hui, la mise à jour de leurs propriétés constitue encore l'une des tâches les plus importantes de la physique expérimentale des hautes énergies. Les résonances sont formées dans des collisions d'hadrons et se désintègrent presque aussitôt. Elles ne peuvent être perçues dans la chambre à bulles, mais sont détectables grâce à une propriété des probabilités de réaction. La probabilité pour deux hadrons entrant en collision de subir une réaction — d'entrer en interaction l'un avec l'autre — dépend de l'énergie impliquée dans la collision. Si la quantité d'énergie est modifiée, la probabilité changera aussi ; elle peut augmenter ou diminuer quand l'énergie augmente, selon les circonstances de la réaction. A certains degrés d'énergie, toutefois, on observe que la probabilité de réaction augmente brusquement ; une réaction a bien plus de chances de se produire à ces niveaux d'énergie qu'à n'importe quel autre. Cette brusque augmentation est liée à la formation d'un hadron intermédiaire et éphémère,

dont la masse correspond à l'énergie provoquant l'augmentation des probabilités.

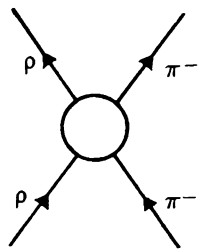
Ces hadrons de courte existence sont nommés résonances par analogie avec le phénomène bien connu de résonance des vibrations. Dans le cas du son, par exemple, l'air dans une cavité répond en général faiblement à une onde sonore provenant de l'extérieur, mais se met à « résonner », ou à vibrer très fortement, lorsque l'onde sonore atteint une certaine fréquence nommée fréquence de résonance. Le canal d'une réaction d'hadron peut être comparé à une caisse de résonance, puisque l'énergie des hadrons en collision est liée à la fréquence de l'onde correspondante. Lorsque cette énergie, ou fréquence, atteint une certaine valeur, le canal commence à résonner ; les vibrations de l'onde deviennent soudain très fortes et provoquent ainsi une brusque augmentation de la probabilité de réaction. La plupart des canaux de réaction ont plusieurs énergies de résonance, chacune d'elles correspondant à la masse d'un hadron intermédiaire, formé lorsque l'énergie des particules en collision atteint le seuil de résonance.

Dans le cadre de la théorie de la matrice S, le problème de savoir s'il faut nommer les résonances des « particules » ou non ne se pose pas. Toutes les particules sont considérées comme des états intermédiaires dans un système de réactions, et le fait que les résonances vivent moins longtemps que les autres hadrons ne les rend pas fondamentalement différentes. En fait, le mot particule est un terme très adéquat. Il s'applique à la fois au phénomène dans le canal de réaction et à l'hadron qui est formé durant ce phénomène, révélant ainsi le lien étroit entre les particules et les réactions. Une résonance est une particule, non un objet. Il est plus juste de la qualifier de fait, occurrence ou événement.

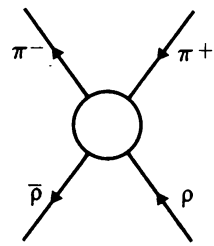
La description des hadrons dans la physique des particules évoque les paroles de D. T. Suzuki déjà citées : « Les bouddhistes conçoivent l'objet comme un événement, et non comme une chose ou une substance. » Ce que les bouddhistes ont découvert par leur expérience mystique de la nature a été redécouvert à travers les expérimentations et les théories mathématiques de la science moderne.

Afin de donner une description de tous les hadrons comme des étapes intermédiaires dans un système de réaction, on doit être en mesure d'expliquer les forces qui les mettent en interaction. Ce sont les forces des interactions fortes déviant ou « dispersant » les hadrons en collision, les dissolvant et les reformant en modèles différents, et les regroupant pour

former des états de liaisons intermédiaires. Dans la théorie de la matrice S, comme dans la théorie des champs, les forces d'interaction sont associées aux particules, mais le concept de particules virtuelles n'est pas employé. Mais la relation entre les forces et les particules est fondée sur une propriété spéciale de la matrice S nommée « croisement ». Pour comprendre cette propriété, considérons le diagramme suivant représentant l'interaction entre un proton et un π^-.



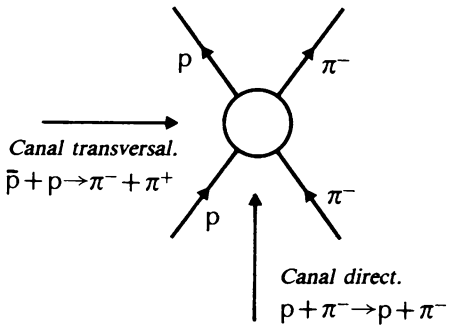
Si ce diagramme pivote sur 90 degrés, et si nous conservons la convention adoptée précédemment, que les flèches dirigées vers le bas indiquent des antiparticules, le nouveau diagramme représente une réaction entre un antiproton et un proton (p) d'où ils sortent sous la forme d'un couple de pions, le π^+ étant l'antiparticule du π^- dans la réaction originale.

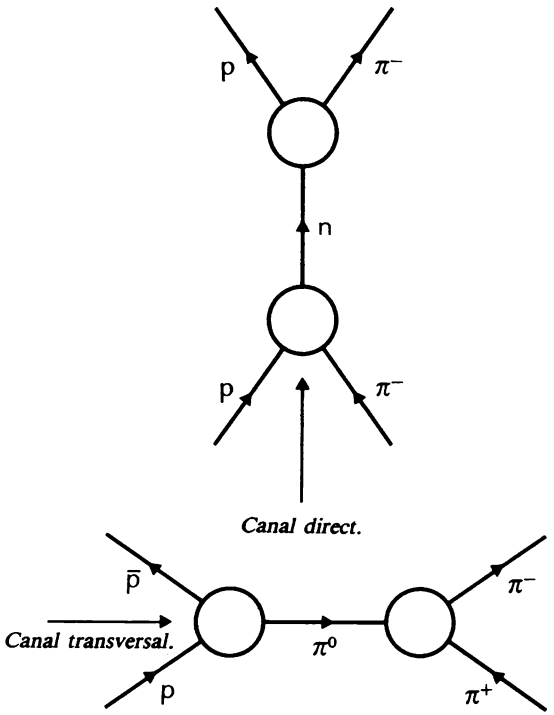


La propriété de croisement de la matrice S, maintenant, se rattache au fait que ces deux processus sont décrits par le même élément de la matrice S. Cela signifie que les deux diagrammes représentent simplement deux aspects différents, ou « canaux » de la même réaction*. Les physiciens des parti-

* En fait, on peut faire pivoter davantage le diagramme, et des lignes peuvent être « croisées » deux par deux pour obtenir différents processus qui sont encore décrits par le même élément de la matrice S. Chaque élément représente entièrement six processus différents, mais les deux mentionnés ci-dessus suffisent pour notre exposé des forces d'interaction.

cules sont habitués à passer d'un canal à l'autre dans leurs calculs et, au lieu de faire pivoter les diagrammes, ils les lisent simplement de bas en haut ou obliquement à partir de la gauche, et parlent de « canal direct » et de « canal oblique ». On lit ainsi, dans notre exemple, la réaction : $p+\pi^- \rightarrow p+\pi^-$ dans le canal direct et $p+p \rightarrow \pi^- + \pi^+$ dans le canal oblique.





La relation entre les forces et les particules est établie par les états intermédiaires dans les deux canaux.

Dans le canal direct de notre exemple, le proton et le π^- peuvent former un neutron intermédiaire, tandis que le canal oblique peut être composé par un pion neutre intermédiaire. Ce pion — l'état intermédiaire dans le canal oblique — est interprété comme la manifestation de la force qui agit dans le canal direct liant le proton au π^- pour former le neutron. Ainsi les deux canaux sont-ils nécessaires pour associer les forces aux particules ; ce qui apparaît comme force dans un canal se manifeste sous forme de particule dans l'autre.

Bien qu'il soit relativement facile de passer mathématiquement d'un canal à l'autre, il est extrêmement difficile — sinon impossible — d'avoir une idée intuitive de la situation, parce que le « croisement » est un concept essentiellement relativiste, n'apparaissant que dans le contexte formel quadridimensionnel de la théorie de la relativité, et ainsi très difficile à imaginer. Une situation similaire se présente dans la théorie des champs où les forces d'interaction sont représentées comme l'échange de particules virtuelles. En fait, le diagramme montrant le pion intermédiaire sur le canal oblique rappelle le diagramme de Feynman représentant ces échanges de particules*, et l'on peut dire, en gros, que le proton et le π^- « entrent en interaction, dans l'échange d'un π° ». De telles expressions sont souvent utilisées par les physiciens, mais elles ne décrivent pas complètement la situation. Une description adéquate ne peut être donnée qu'en termes de canaux directs et obliques, c'est-à-dire en recourant à des concepts abstraits presque impossibles à se représenter.

En dépit d'une formalisation différente, la notion globale d'une force d'interaction dans la théorie de la matrice S est exactement similaire à celle de la théorie des champs. Dans les deux théories, les forces se manifestent en tant que particules dont la masse détermine le champ de force, et elles sont reconnues comme propriétés intrinsèques des particules en interaction ; elles reflètent la structure des nuages virtuels de particules dans la théorie des champs, et sont engendrées par des états de liaison des particules en interaction dans la théorie de la matrice S. Le parallèle avec la vision orientale des forces dont il a été déjà question s'applique donc aux

* Il faudrait se souvenir, toutefois, que les diagrammes de la matrice S ne sont pas des diagrammes spatio-temporels mais les représentations symboliques des réactions de particules. Le passage d'un canal à l'autre a lieu dans un espace mathématique abstrait.

deux théories. En outre, cette conception des forces d'interaction implique que toutes les particules connues doivent avoir quelque structure interne, parce qu'alors seulement elles peuvent entrer en interaction avec l'observateur et être ainsi détectées. Selon Geoffrey Chew, l'un des principaux architectes de la théorie de la matrice S, « une particule élémentaire véritable — complètement dépourvue de structure interne — ne peut être sujette à aucune force qui nous permettrait de détecter son existence. C'est-à-dire que la simple connaissance de l'existence d'une particule implique que la particule possède une structure interne[1] ! »

Un avantage particulier du formalisme de la matrice S est le fait qu'il est capable de décrire l'« échange » de toute une famille d'hadrons. Ainsi qu'on l'a vu au chapitre précédent, tous les hadrons semblent se ranger en classes dont les éléments ont des propriétés identiques, sauf en ce qui concerne leurs masses et leurs spins. Une formalisation proposée originellement par Tullio Regge permet de traiter chacune de ces classes comme un seul hadron dans divers états d'excitation. On a pu récemment incorporer la formalisation de Regge dans le cadre de la matrice S où elle a été utilisée avec beaucoup de succès pour décrire les réactions de l'hadron. Cela a représenté l'un des plus importants développements de la théorie de la matrice S et peut être considéré comme un premier pas vers une explication dynamique des modèles de particules.

Le cadre de la matrice S s'avère donc capable de décrire la structure des hadrons, les forces à travers lesquelles ils entrent en interaction et certains des modèles qu'ils forment, d'une manière tout à fait dynamique dans laquelle chaque hadron est une partie intégrante d'un ensemble inséparable de réactions. Le principal défi, et jusqu'à présent le problème irrésolu dans la théorie de la matrice S, est d'employer cette description dynamique pour expliquer les symétries qui donnent naissance à des types d'hadrons et les lois de conservation dont il a été question au chapitre précédent. Dans une telle théorie, la structure mathématique de la matrice S relfèterait les symétries des hadrons, de telle sorte qu'elle ne comporterait que des éléments correspondant aux réactions autorisées par les lois de conservation. Ces lois n'auraient dès lors plus le statut de récurrences empiriques mais

1. G. F. Chew, *Impasse for the Elementary Particle Concept,* The Great Ideas Today (Les grandes idées actuelles), Chicago, William Benton, 1974, p. 99.

seraient des conséquences de la structure de la matrice S, et donc de la nature dynamique des hadrons.

Aujourd'hui, les physiciens poursuivent ce but ambitieux en postulant plusieurs principes généraux qui limitent les possibilités mathématiques de construction des éléments de la matrice S et lui donnent ainsi une structure définie. Jusqu'ici, trois de ces principes généraux ont été établis. Le premier est inspiré par la théorie de la relativité et par notre expérience macroscopique de l'espace et du temps. Il suppose une indépendance des probabilités de réaction (et donc des éléments de la matrice S) par rapport aux déplacements du dispositif expérimental dans l'espace et le temps, à son orientation dans l'espace et à la mobilité de l'observateur. Ainsi qu'on l'a vu au chapitre précédent, l'indépendance d'une réaction de particule quant aux changements d'orientation et aux déplacements dans l'espace et le temps implique la conservation de la valeur totale de la rotation, du moment et de l'énergie mis en jeu dans la réaction. Ces « symétries » sont essentielles à notre travail scientifique. Si les résultats d'une expérimentation changeaient suivant le lieu et la date à laquelle elle est effectuée, la science sous sa forme actuelle serait impossible. La dernière exigence — que les résultats expérimentaux ne dépendent pas du mouvement de l'observateur — est le principe de relativité qui est à la base de la théorie de la relativité.

Le second principe général est formulé par la théorie quantique. Il affirme qu'on ne peut prédire le résultat d'une réaction particulière qu'en termes de probabilités et, en outre, que la somme des probabilités de tous les résultats possibles — y compris le cas de non-interaction entre les particules — doit être égale à 1. En d'autres termes, nous pouvons être certains que les particules seront en interaction les unes avec les autres, ou non. Cette affirmation apparemment évidente se révèle être, en fait, un principe déterminant, connu sous le nom d'« unitarité », ce qui restreint rigoureusement les possibilités d'élaboration des éléments constitutifs de la matrice S.

Le troisième et dernier principe est lié à nos notions de cause et d'effet et est connu sous le nom de principe de causalité. Il énonce que l'énergie et le moment sont transportés dans l'espace uniquement par des particules, et que ce transfert s'effectue de telle sorte qu'une particule ne peut être créée dans une réaction et détruite dans une autre que si la seconde réaction se produit après la première. La formulation mathématique du principe de causalité implique que la

matrice S dépende d'une manière égale des énergies et des moments mis en jeu dans une réaction, sauf pour les valeurs à partir desquelles la création de nouvelles particules devient possible. A ces niveaux, la structure mathématique de la matrice S change brusquement ; elle rencontre ce que les mathématiciens nomment une « singularité ». Chaque canal de réactions contient plusieurs de ces singularités, c'est-à-dire qu'il y existe plusieurs valeurs d'énergie et de moment dans chaque canal au niveau desquelles de nouvelles particules peuvent être créées. Les « énergies de résonance » mentionnées plus haut sont des exemples de telles valeurs.

Le fait que la matrice S manifeste des singularités est une conséquence du principe de causalité, mais leur localisation n'est pas déterminée par ce principe. Les valeurs d'énergie et de moment au niveau desquelles des particules peuvent être créées diffèrent selon les diverses voies de réactions et dépendent des masses et des autres propriétés des particules créées. Les localisations des singularités reflètent ainsi les propriétés de ces particules ; et, puisque tous les hadrons peuvent être créés dans des réactions de particules, les singularités de la matrice S reflètent toutes les formes et symétries des hadrons.

La tâche de la théorie de la matrice S est, par conséquent, de déduire des principes généraux la structure de la singularité. Jusqu'à présent, il n'a pas été possible de construire un modèle mathématique qui satisfasse à ces trois principes, et il se pourrait bien que ceux-ci suffisent à déterminer toutes les propriétés de la matrice S, et donc toutes les propriétés des hadrons*. Si tel est le cas, les implications philosophiques d'une telle théorie seront très profondes. Les trois principes généraux sont reliés à nos méthodes d'observation et de mesure, c'est-à-dire au cadre scientifique. S'ils sont suffisants pour déterminer la structure des hadrons, cela signifierait que les structures fondamentales du monde physique sont déterminées en dernière instance par la façon dont nous regardons ce monde. Tout changement fondamental dans nos méthodes d'observation entraînerait une modification des principes généraux qui conduirait à une structure différente de la matrice S et impliquerait donc une structure différente des hadrons.

Une telle théorie des particules infra-atomiques reflète l'impossibilité de séparer l'observateur scientifique des phé-

* Cette conjecture, connue sous le nom d'« hypothèse du bootstrap », sera examinée plus en détail dans le chapitre suivant.

nomènes observés, ce qui a déjà été noté à propos de la théorie quantique sous sa forme la plus simple. Elle établit, en définitive, que les structures et les phénomènes que nous observons dans la nature ne sont rien d'autre que les créations de notre esprit mesurant et catégorisant.

C'est l'un des principes fondamentaux de la philosophie orientale. Les maîtres spirituels orientaux ne cessent de nous répéter que tous les phénomènes et les événements que nous percevons sont des créations de l'esprit, surgissant d'un état particulier de conscience et s'évanouissant si cet état est dépassé. L'hindouisme enseigne que toutes les formes et les structures autour de nous sont créées par un esprit sous le charme de *maya,* et il considère que notre tendance à y attacher une signification profonde est la source de l'illusion humaine. Les bouddhistes appellent cette illusion *avidya,* ou ignorance, et la considèrent comme l'état d'un esprit « souillé ». Selon Ashvaghosha :

« Lorsque l'unité de la totalité des choses est méconnue, l'ignorance et la discrimination apparaissent et développent alors toutes les phases de l'esprit souillé...

« Tous les phénomènes terrestres ne sont que des manifestations illusoires de l'esprit et n'ont aucune réalité propre[1]. »

C'est également le leitmotiv de l'école bouddhiste Yogacara qui enseigne que toutes les formes que nous percevons sont « seulement mentales », projections, ou « ombres », de l'esprit :

« De l'esprit surgissent des choses innombrables, soumises au jugement. Ces choses, les gens les prennent pour un monde extérieur. Or, ce qui apparaît comme extérieur n'existe pas réellement ; en vérité, c'est l'esprit qui est perçu comme multiplicité ; le corps, les possessions et tout le reste, je l'affirme, ne sont rien d'autre que l'esprit[2]. »

Dans la physique des particules, la dérivation des formes d'hadrons à partir des principes généraux de la théorie de la matrice S est une tâche longue et ardue, et jusqu'ici seuls quelques petits pas ont été accomplis vers sa réalisation.

De plus, la théorie sous sa forme actuelle ne peut être appliquée aux interactions électromagnétiques qui engendrent les structures atomiques et dominent le monde de la chimie et de la biologie. Néanmoins, la possibilité que les formes d'hadrons soient un de ces jours déduites des principes géné-

1. Ashvagosha, *The Awakening of Faith (L'Éveil de la foi),* p. 79, 86.
2. Lankavatara Sutra, dans D. T. Suzuki, *Studies in the Lankavatara Sutra (Études du Lankavatara Sutra),* p. 242.

raux, et soient considérées ainsi comme dépendantes de notre cadre scientifique, doit être sérieusement envisagée. Il est excitant de penser que ceci peut être un trait général de la physique des particules qui apparaîtrait en même temps dans les futures théories des interactions électromagnétiques, faibles et gravitationnelles. Si cette possibilité se révèle fondée, la physique moderne aura accompli un long chemin vers un accord avec les sages orientaux sur le fait que les structures du monde matériel sont *maya,* ou « pur esprit ».

La théorie de la matrice S est très proche de la pensée orientale non seulement dans ses conclusions ultimes, mais également dans sa conception générale de la matière. Elle décrit le monde des particules élémentaires comme un réseau d'événements et met plus l'accent sur le changement et la transformation que sur les structures et les entités fondamentales. En Orient, une telle insistance est particulièrement marquée dans la pensée bouddhiste qui considère que toutes choses sont dynamiques, impermanentes et illusoires. Ainsi S. Radhakrishnan écrit :

« Comment en venons nous à penser à des choses, plutôt qu'à des processus dans ce changement continuel ? En fermant nos yeux à la succession des événements. C'est une attitude artificielle qui sectionne le cours du changement et nomme les sections choses. Lorsque nous connaîtrons la vérité des choses, nous réaliserons combien il est absurde d'adorer des produits des séries incessantes des transformations comme s'ils étaient éternels et réels. La vie n'est pas une chose ou l'état d'une chose, mais un mouvement ou changement continuel[1]. »

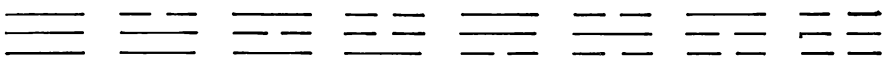
Le physicien moderne et le penseur oriental ont tous deux réalisé que tous les phénomènes de ce monde de changement et de transformation entretiennent des rapports dynamiques. Les hindous et les bouddhistes considèrent cette interaction comme une loi cosmique, la loi du *karma,* mais ils ne s'intéressent généralement à aucun point spécifique du réseau universel d'événements. La philosophie chinoise, en revanche, a développé la notion de modèles dynamiques qui sont sans cesse formés et dissous dans le flux cosmique du Tao. Dans le *Yi king,* ou Livre des changements, ces modèles ont été élaborés en un système de symboles archétypaux, dénommés les hexagrammes.

Le principe d'ordonnance de base des graphes dans le *Yi king* est le jeu dynamique entre les opposés polaires *yin* et

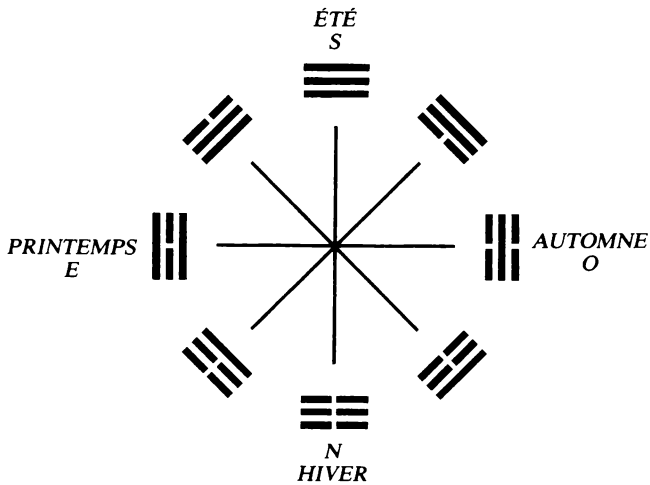
1. S. Radhakrishnan *Philosophie indienne (Indian Philosophy),* p. 369.

yang. Le yang est représenté par un trait plein (—), le yin par un trait discontinu (— —), et l'ensemble du système d'hexagrammes est construit simplement à partir de ces deux traits. En les combinant par deux, on obtient quatre configurations :

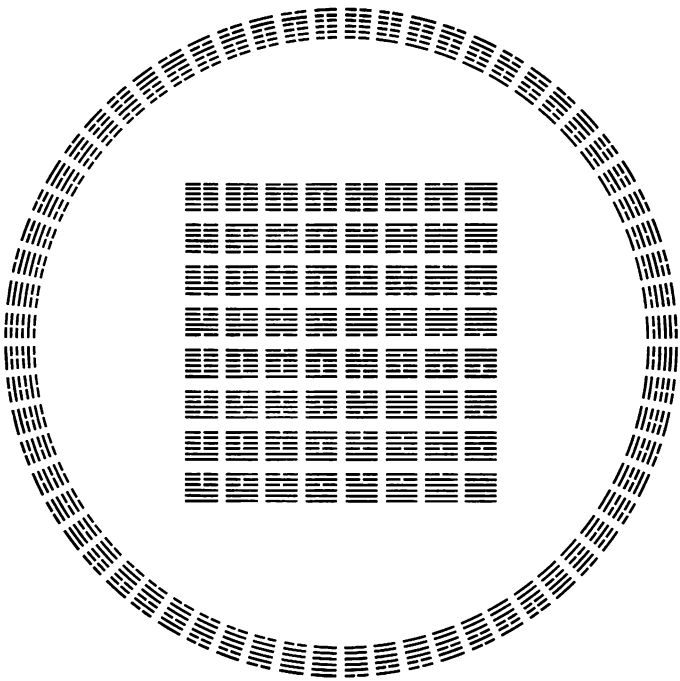
et en ajoutant un troisième trait à chacune d'entre elles on produit huit « trigrammes ».



Dans l'ancienne Chine, on considérait que les trigrammes représentaient toutes les situations humaines et cosmiques possibles. Ils étaient désignés par des noms reflétant leurs caractéristiques de base — tels que « le Créateur », « le Réceptif », « l'Éveilleur », etc. — et ils étaient associés à de nombreuses images tirées de la nature et de la vie sociale. Ils représentaient, par exemple, les cieux, la terre, la foudre, l'eau, etc., exactement comme une famille se compose d'un père, d'une mère, de trois fils et de trois filles. Ils étaient, en outre, associés aux points cardinaux et aux saisons de l'année, et souvent disposés ainsi :



Les huit trigrammes sont disposés en cercle suivant l'« ordre naturel » dans lequel ils furent engendrés, en commençant par le haut (où les Chinois situent toujours le sud) et plaçant les quatre premiers trigrammes sur la partie gauche du cercle, les quatre derniers à droite. Cette disposition manifeste un degré élevé de symétrie, les trigrammes opposés ayant permuté leurs traits *yin* et *yang*.



Deux dispositions régulières des soixante-quatre hexagrammes.

Afin d'augmenter le nombre des combinaisons possibles, les huit trigrammes furent combinés par paires, en les plaçant l'un au-dessus de l'autre. De cette façon, on obtint soixante-quatre hexagrammes, chacun se composant de six traits continus ou discontinus. Les hexagrammes furent disposés en plusieurs modèles réguliers, parmi lesquels les deux représentés ci-après étaient les plus courants ; un carré de huit fois huit hexagrammes et une série circulaire offrant la même symétrie que la disposition circulaire des trigrammes.

Les soixante-quatre hexagrammes sont les archétypes cosmiques sur lesquels est fondée l'utilisation du *Yi king* comme

livre divinatoire. Pour l'interprétation de n'importe quel hexagramme, les diverses significations de ces deux trigrammes doivent être prises en considération. Par exemple, quand le trigramme « l'Éveilleur », est placé au-dessus du trigramme « Le Réceptif », l'hexagramme est interprété comme le mouvement rencontrant la « dévotion » et inspirant ainsi l'enthousiasme, qui lui donne son nom.

L'Éveilleur

Le Réceptif

L'Enthousiasme

L'hexagramme du Progrès, pour prendre un autre exemple, représente le Feu, « ce qui s'attache », au-dessus du « Réceptif », ce qui est interprété comme le soleil se levant au-dessus de la terre et donc comme un symbole de progrès rapide et facile.

Le Feu

Le Réceptif

Le Progrès

Dans le *Yi king,* les trigrammes et les hexagrammes représentent les figures du Tao qui sont engendrées par l'interaction dynamique du *yin* et du *yang,* et se reflètent dans toutes les situations naturelles et humaines. Ces situations, par conséquent, ne sont pas considérées comme statiques, mais plutôt comme des étapes dans un changement et un flux continuels. C'est l'idée fondamental du Livre des changements, contenue dans son titre même. Tous les phénomènes et les situations dans le monde sont sujets au changement et à la transformation, comme leurs symboles, les trigrammes et hexagrammes. Ils sont dans un état de continuelle mutation ; l'un se transformant en l'autre, les traits continus se dilatant et se brisant, les traits discontinus se contractant et s'unifiant.

Du fait de cette notion de formes dynamiques, engendrées par le changement et la transformation, le *Yi king* est peut-être l'analogie la plus proche de la théorie de la matrice S dans la pensée orientale. Dans les deux systèmes, l'accent est porté plutôt sur les processus que sur les objets. Dans la théorie de la matrice S, ces processus sont les réactions des

particules qui donnent naissance à tous les phénomènes du monde des hadrons. Dans le *Yi king,* les processus de base sont nommés « les changements » et considérés comme essentiels à une compréhension de tous les phénomènes naturels :

« Les changements ont permis aux sages d'atteindre toutes les profondeurs pour saisir les racines de toutes choses[1]. »

Ces changements ne sont pas considérés comme des lois fondamentales imposées au monde physique, mais plutôt — selon les termes d'Hellmut Wilhelm — comme une « tendance interne selon laquelle les événements se déroulent naturellement et spontanément[2] ». On peut en dire autant des « mutations » dans le monde des particules. Elles aussi reflètent les tendances internes des particules, exprimées dans la théorie de la matrice S, en fonction des probabilités de réactions.

Les changements dans le monde des hadrons donnent naissance aux structures et aux modèles symétriques représentés symboliquement par les canaux de réaction. Ni les structures ni les symétries ne sont considérées comme des traits fondamentaux du monde des hadrons, mais elles sont perçues comme des conséquences de la nature dynamique des particules, c'est-à-dire de leurs tendances au changement et à la transformation.

Dans le *Yi king* également, le changement engendre des structures, les trigrammes et les hexagrammes. Comme les canaux des réactions des particules, ceux-ci sont des représentations symboliques des formes du changement. De même que l'énergie circule à travers les canaux de réaction, les « mutations » circulent dans les lignes des hexagrammes :

Transformation, mouvement sans repos,
circulant à travers les six places vides,
sans loi fixe,
surgissant et disparaissant
...
le changement seul est ici à l'œuvre[3].

Dans la vision chinoise, toutes les choses et tous les phénomènes autour de nous naissent des formes de changement et sont représentés par les divers traits des trigrammes et des

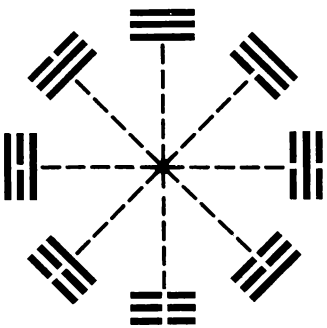
1. R. Wilhelm, *The I Ching or Book of Changes (Le Yi King ou Livre des changements),* p. 315.
2. H. Wilhelm, *Change (Changement),* p. 19.
3. R. Wilhelm, *op. cit.,* p. 348.

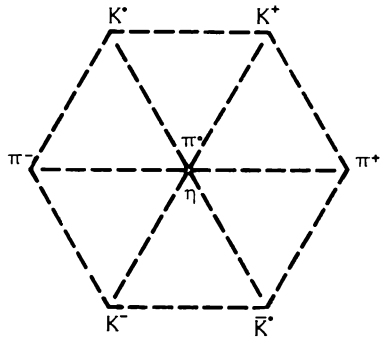
hexagrammes. Ainsi les choses dans le monde physique ne sont-elles pas considérées comme des objets statiques indépendants, mais simplement comme des phases transitoires dans le processus cosmique qu'est le Tao :

« Le Tao est changement et mouvement. Aussi les traits sont-ils nommés " lignes des changements ". Les traits alternent, ainsi représentent-ils les choses[1]. »

Comme dans le monde des particules, les structures engendrées par les mutations peuvent être disposées en diverses configurations symétriques, telle que la figure octagonale formée par les huit trigrammes, dans laquelle les trigrammes opposés ont leurs traits *yin* et *yang* permutés. Ce modèle ressemble même vaguement à l'octet de mésons dont il a été question au chapitre précédent, dans lequel les particules et les antiparticules occupent des places opposées. Le point important, toutefois, n'est pas cette similarité accidentelle, mais le fait que la physique moderne et la pensée chinoise ancienne considèrent toutes deux le changement et la transformation comme l'aspect primordial de la nature, et les structures et les symétries engendrées par les changements comme secondaires. Ainsi qu'il l'explique dans l'introduction à sa traduction du *Yi king,* Richard Wilhelm considère que cette idée est le concept fondamental du Livre des changements :

« Les huit trigrammes passaient pour être en état de continuelle mutation, l'un se transformant en l'autre, de la même façon que le passage d'un phénomène à l'autre a lieu sans cesse dans le monde physique. Ici se trouve le concept fondamental du Livre des changements. Les huit trigrammes sont des symboles signifiant des états changeants, transitoires, ce sont des figures en changement constant. L'attention se





1. *Ibid.*, p. 352.

concentre non sur des choses dans leur état actuel — comme c'est surtout le cas en Occident — mais sur leurs mutations au sein du changement. Les huit trigrammes ne sont par conséquent par les représentations des choses mêmes mais celle de leurs tendances en mouvement [1]. »

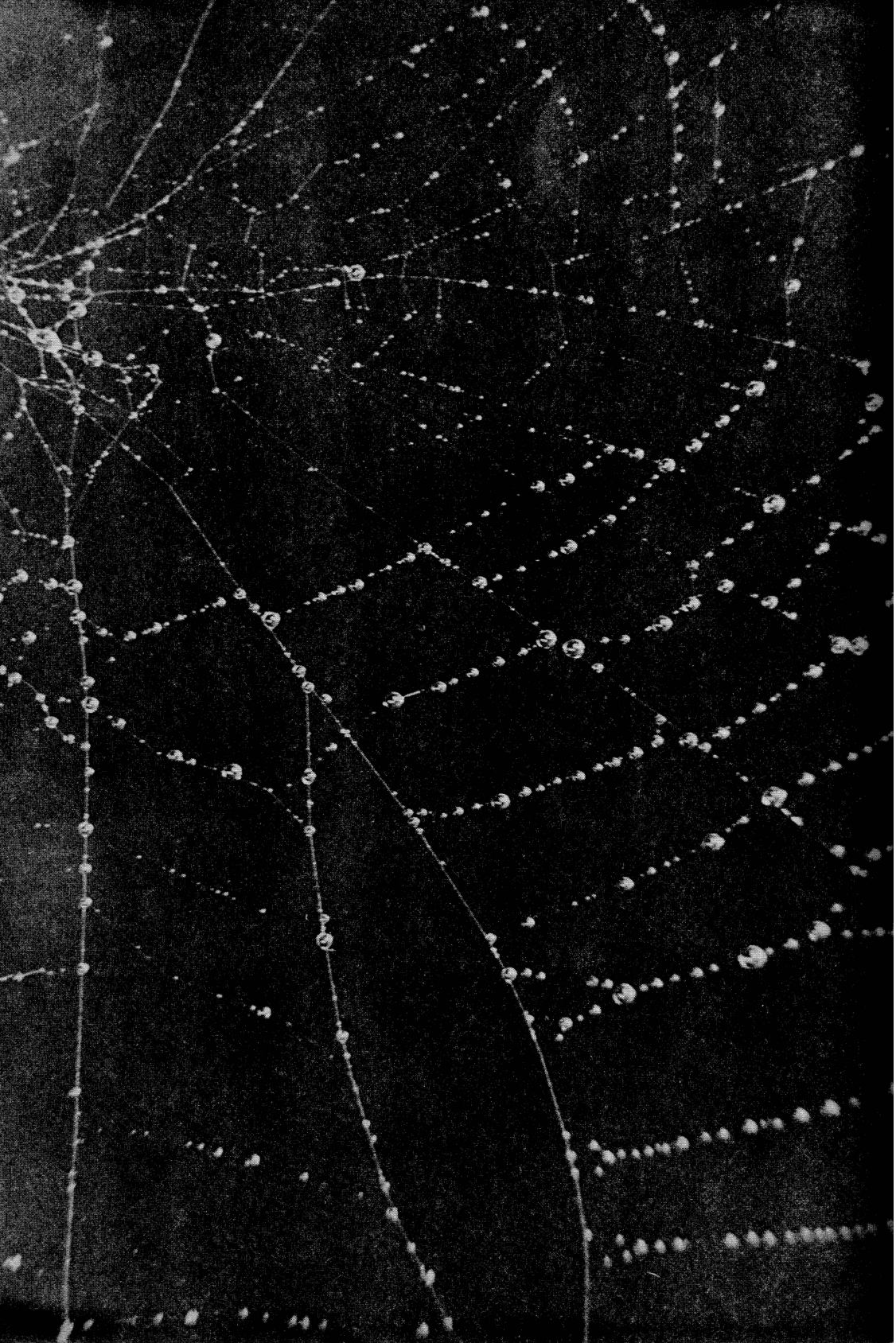
En physique moderne, nous en sommes arrivés à considérer de façon analogue les « choses » du monde infra-atomique, insistant sur le mouvement, le changement et la transformation et considérant les particules comme des phases transitoires dans un processus cosmique ininterrompu.

1. *Ibid.*, p. 1.

18
Interpénétration

Jusqu'ici notre exploration de la conception du monde proposée par la physique moderne a révélé à plusieurs reprises que l'idée de « constituants fondamentaux » n'est plus soutenable. Dans le passé, cette notion parvenait parfaitement à expliquer le monde physique en fonction de quelques atomes ; les structures des atomes en fonction de quelques noyaux entourés d'électrons ; et, en dernière analyse, les structures des noyaux en fonction de deux « constituants fondamentaux » nucléaires, le proton et le neutron. Ainsi les atomes, les noyaux et les hadrons, furent, à tour de rôle, considérés comme des « particules élémentaires ». Aucun d'eux, cependant, ne répondait à cette qualification. A chaque fois, ces particules se révélèrent être elles-mêmes des structures composées, et les physiciens espérèrent que la génération suivante d'éléments constitutifs se révélerait finalement comme les composantes ultimes de la matière.

D'autre part, les théories de la physique atomique et subatomique rendirent de plus en plus improbable l'existence de particules élémentaires. Elles révélèrent une intrication fondamentale de la matière, montrant que l'énergie cinétique peut être transformée en masse, et suggérèrent l'idée que les particules sont des processus plutôt que des objets. Tous ces développements indiquent fortement que la simple image mécaniste des « constituants fondamentaux » doit être abandonnée, et cependant beaucoup de physiciens hésitent encore à le faire. L'antique tradition consistant à expliquer des structures complexes en les décomposant en éléments constitutifs plus simples est si solidement enracinée dans la pensée occidentale que la quête de ces composantes se poursuit encore.



Il existe, toutefois, une école de pensée radicalement différente en physique des particules qui part de l'idée que la nature ne peut être réduite à des entités fondamentales, telles que des particules élémentaires ou des champs fondamentaux. Elle doit être comprise comme un système cohérent dont les composantes sont elles-mêmes cohérentes. Cette idée est apparue dans le contexte de la théorie de la matrice S et connue comme « hypothèse du bootstrap ». Son créateur et principal avocat est Geoffroy Chew qui, d'une part, en a développé l'idée dans une « philosophie-bootstrap » générale de la nature et, d'autre part, l'a utilisée (en collaboration avec d'autres physiciens) pour construire des modèles spécifiques de particules formulés dans le langage de la matrice S. Chew a décrit l'hypothèse du bootstrap dans plusieurs articles[1] qui sous-tendent la présentation suivante.

La philosophie du bootstrap marque le rejet décisif de la conception mécaniste du monde en physique moderne. L'univers de Newton était construit à partir d'un ensemble d'entités de base possédant certaines propriétés fondamentales, créées par Dieu et par conséquent non justiciables d'une analyse plus approfondie. D'une façon ou d'une autre, cette notion était implicite dans toutes les théories de la science naturelle jusqu'à ce que l'hypothèse du bootstrap énonçât explicitement que le monde ne peut être compris comme un assemblage d'entités inanalysables. Dans la nouvelle vision du monde, l'univers est conçu comme un tissu dynamique d'événements interconnectés. Aucune des propriétés d'une partie quelconque de ce tissu n'est fondamentale ; elles découlent toutes des propriétés des autres parties, et la cohérence générale de leurs interactions détermine la structure du tissu entier.

Ainsi, la philosophie du bootstrap représente-t-elle le point culminant d'une conception de la nature qui surgit dans la théorie quantique avec la prise de conscience d'une interdépendance essentielle et universelle, acquit son contenu dynamique dans la théorie de la relativité et fut formulée en fonction des probabilités de réaction dans la théorie de la matrice S. Simultanément, cette conception de la nature s'est

1. F. Chew, « Bootstrap » : A scientific Idea ? » (« " Bootstrap " : une notion scientifique ? »), *Science*, vol. CLXI (23 mai 1968), p. 762-765 ; — « Hadron Bootstrap : Triumph or Frustration ? » (« Bootstrap de l'hadron : triomphe ou défaite ?), *Physics Today (La physique aujourd'hui)*, vol. XXIII (octobre 1970), p. 23-28 ; — « Impasse for the Elementary Particle Concept, The Great Ideas Today » (« Impasse du concept de particule élémentaire, Les grandes idées actuelles »), Chicago, William Benton, 1974.

continuellement rapprochée de la vision orientale du monde et est maintenant en harmonie avec elle, en ce qui concerne à la fois la philosophie générale et la représentation spécifique de la matière.

Non seulement l'hypothèse du bootstrap dénie l'existence de constituants fondamentaux de la matière, mais elle n'accepte aucune entité quelle qu'elle soit — aucune loi, équation ou principe fondamental — et abandonne donc une autre idée qui a sous-tendu les sciences naturelles pendant des centaines d'années. La notion de lois fondamentales de la nature tire son origine de la croyance en un législateur divin, croyance profondément enracinée dans la tradition judéo-chrétienne. Selon Thomas d'Aquin :

« Il est une certaine loi éternelle, à savoir la raison, existant dans l'esprit de Dieu et gouvernant l'univers entier[1]. »

Cette notion d'une loi éternelle et divine de la nature a fortement influencé la philosophie et la science occidentales. Descartes parlait des « lois que Dieu a mises dans la nature », et Newton croyait que le but le plus élevé de son œuvre scientifique était de témoigner des « lois imprimées à la nature par Dieu ». Découvrir les lois fondamentales et ultimes de la nature demeura la tâche des sciences de la nature durant les trois siècles postérieurs à Newton.

En physique moderne, une attitude très différente s'est maintenant développée. Les physiciens en sont arrivés à constater que toutes leurs théories des phénomènes naturels, y compris les « lois » qu'ils décrivent, sont des créations de l'esprit humain ; des propriétés de notre carte conceptuelle de la réalité, plutôt que de la réalité elle-même. Ce système conceptuel est nécessairement limité et approximatif, comme le sont toutes les théories scientifiques et les « lois de la nature » qu'elles contiennent. Tous les phénomènes naturels sont en fin de compte interdépendants et, pour expliquer n'importe lequel d'entre eux, nous devons comprendre tous les autres, ce qui évidemment est impossible. Ce qui permet l'avance de la science est la découverte que des approximations sont possibles. Si l'on se contente d'une « compréhension » approximative de la nature, on peut décrire des groupes choisis de phénomènes, en en négligeant d'autres moins pertinents. Ainsi, on peut expliquer de multiples phénomènes en fonction de quelques-uns, et, par conséquent, comprendre divers aspects de la nature d'une façon approximative sans

1. Cité par J. Needham, *Science and Civilisation in China (Science et civilisation en Chine)*, vol. II, p. 538.

avoir à les comprendre tous à la fois. Telle est la méthode scientifique ; toutes les théories et tous les modèles scientifiques sont des approximations de la vraie nature des choses, mais l'erreur inhérente à l'approximation est souvent assez petite pour donner un sens à une telle approche. Dans la physique des particules, par exemple, les forces gravitationnelles d'interaction entre les particules sont habituellement laissées de côté, car elles sont infiniment plus faibles que celles des autres interactions. Bien que l'erreur causée par cette omission soit minime, il est clair que les interactions gravitationnelles devront être incluses à l'avenir dans des théories plus exactes des particules.

Les physiciens élaborent donc une succession de théories partielles et approximatives, chacune d'elles s'avérant plus précise que la précédente, mais aucune d'elles ne donnant une explication complète et définitive des phénomènes naturels. Comme ces théories, toutes les « lois de la nature » qu'elles décrivent sont variables, destinées à être remplacées par des lois plus précises lorsque les théories seront améliorées. Le caractère incomplet d'une théorie est habituellement reflété par ses paramètres arbitraires ou « constantes fondamentales », c'est-à-dire des quantités dont les valeurs numériques ne sont pas expliquées par la théorie, mais doivent y être introduites après avoir été déterminées empiriquement. La théorie quantique ne peut expliquer la valeur donnée à la masse de l'électron, la théorie du champ celle de la charge de l'électron, ni la théorie de la relativité celle de la vitesse de la lumière. Dans la conception classique, on considérait que ces quantités étaient des constantes fondamentales de la nature — ce qui n'exigeait aucune explication ultérieure. Dans la vision moderne, leur rôle de « constantes fondamentales » est considéré comme temporaire et reflétant les limites des théories actuelles. Selon la philosophie du bootstrap, elles devraient être expliquées une à une dans des théories futures, au fur et à mesure qu'augmenteront l'exactitude et la portée de ces théories. On devrait donc s'approcher de la situation idéale où la théorie ne renferme aucune « constante » fondamentale inexpliquée et où toutes ses « lois » découlent des nécessités de la cohérence interne, mais peut-être ne pourra-t-on l'atteindre.

Il est primordial de comprendre que même une telle théorie idéale doit posséder quelques caractères inexpliqués, quoique pas nécessairement sous la forme de constantes numériques. Pour autant qu'il s'agisse d'une théorie scientifique, elle devra admettre sans explication certains concepts for-

mant le langage scientifique lui-même. Pousser plus loin l'idée conduirait au-delà de la science :

« Au sens large, l'idée du bootstrap, bien que fascinante et commode, n'est pas scientifique. La science, comme nous le savons, exige un langage fondé sur quelque structure incontestée. Sémantiquement, donc, une tentative d'expliquer tous les concepts peut difficilement être dite " scientifique "[1]. »

Il est évident que la vision *bootstrap* complète de la nature, dans laquelle tous les phénomènes de l'univers sont uniquement déterminés par une cohérence réciproque, est très proche de la vision orientale du monde. Un univers indivis, dans lequel tous les phénomènes et événements sont en corrélation, aurait peu de sens s'il n'était cohérent. En un sens, l'exigence de cohérence qui sous-tend l'hypothèse bootstrap, et l'unité et l'interdépendance de tous les phénomènes, qui sont si fortement soulignées dans la spiritualité orientale, ne sont que divers aspects de la même idée. Ce lien étroit est très clairement exprimé dans le taoïsme. Pour les sages taoïstes, tous les phénomènes terrestres relèvent de la Voie cosmique, le Tao ; les lois suivies par le Tao ne sont imposées par aucun législateur divin, mais inhérentes à sa nature. Ainsi lisons-nous dans le *Tao Te King :*

L'Homme imite la Terre ;
La Terre imite le Ciel ;
Le Ciel imite le Tao :
Le Tao n'a d'autre modèle que soi-même[2].

Joseph Needham, dans sa profonde étude sur la civilisation et la science chinoises, montre de façon très détaillée comment le concept occidental de lois fondamentales de la nature, avec son idée originelle implicite d'un législateur divin, n'a aucun équivalent dans la pensée chinoise :

« Dans la vision chinoise du monde, la coopération harmonieuse de tous les êtres provient non des ordres d'une autorité supérieure extérieure à eux, mais du fait qu'ils sont tous les éléments d'une hiérarchie d'ensembles formant une structure cosmique, et obéissant aux exigences internes de leur propre nature[3]. »

1. G. F. Chew, « Bootstrap » : A Scientific Idea ?, *op. cit.*, p. 762-763. (« " Bootstrap " : une notion scientifique ? »).
2. Lao-tseu, *Tao-tö king*, trad. Ch'u Ta-kao, chap. XXV.
3. J. Needham, *op. cit.*, vol. II, p. 582.

Selon Needham, les Chinois ne possédaient même pas de mot correspondant à l'idée occidentale de « loi de la nature ». Le terme qui s'en approche le plus est *li*, que le philosophe néo-confucéen Chu Hsi décrit comme les « innombrables motifs semblables à des veines à l'intérieur du Tao[1] ».

Needham traduit *li* par « principe d'organisation » et en donne le commentaire suivant :

« Dans sa plus ancienne acception, il signifiait les motifs sur les objets, les veinures du jade ou les fibres du muscle. Il a acquis le sens commun de " principe ", mais a toujours conservé le sens latent de motif. Il contient implicitement le mot « loi », mais cette loi est celle à laquelle les éléments des ensembles doivent se conformer en vertu de leur existence même, en tant que parties des ensembles. La caractéristique majeure des parties est qu'elles doivent s'harmoniser avec les autres parties dans l'organisme qu'elles composent.[2]»

On comprend aisément comment une telle conception a conduit les penseurs chinois à l'idée, qui n'a été que récemment développée en physique moderne, que la cohérence est l'essence de toutes les lois de la nature. Le passage suivant de Ch'en Shun, l'un des élèves de Chu Hsi, qui vécut aux alentours du XIII[e] siècle de notre ère, donne un aperçu très clair de cette idée en des termes qu'on pourrait considérer comme une explication parfaite de la notion de cohérence dans la philosophie bootstrap[3].

« *Li* est une loi directe et absolue qui régit les choses de ce monde. Par " directe et absolue " on entend que toutes choses (humaines ou naturelles) sont conçues en fonction de la place qui leur est assignée. Par " loi " on entend que la mise en place ne souffre aucun excès ni défaut. Les anciens, quand ils poussaient leurs investigations à l'extrême, à la recherche de *li*, voulaient élucider le caractère inévitable des choses de ce monde, ce qui revient à dire qu'ils étaient à la recherche de ces " places " où les choses s'harmonisent, tout simplement. »

Dans la vision orientale donc, comme dans celle de la physique moderne, chaque phénomène dans l'univers est relié à tous les autres et aucun n'est fondamental. Les propriétés de chaque partie sont déterminées non par quelque loi fondamentale, mais par les propriétés de toutes les autres parties. Physiciens et mystiques s'accordent sur l'impossibilité qui en

1. J. Needham, *op. cit.*, vol. II, p. 484.
2. *Ibid.*, p. 558, 567.
3. Cité dans J. Needham, *op. cit.*, vol. II, p. 566.

résulte d'expliquer complètement tous les phénomènes, mais ils adoptent des attitudes différentes. Les physiciens, comme on l'a vu, se contentent d'une compréhension approximative de la nature. Les sages orientaux, par contre, ne s'intéressent pas à la connaissance approximative ou « relative ». Ils s'occupent de la connaissance « absolue » impliquant une compréhension de la totalité de la vie. Familiers de l'interdépendance universelle, ils comprennent qu'expliquer quelque chose signifie, en définitive, montrer comment elle est reliée à toutes les autres. Cela étant impossible, les sages orientaux soutiennent qu'aucun phénomène isolé ne peut être expliqué. Ainsi Ashvagosha :

« La nature fondamentale des choses est toujours impossible à nommer, à expliquer. On ne peut l'exprimer correctement dans aucune langue[1]. »

Les sages orientaux ne se préoccupent donc généralement pas d'expliquer les choses, mais plutôt de faire l'expérience directe, non intellectuelle, de l'unité de toutes choses. Telle fut l'attitude du Bouddha, qui répondit à toutes les questions sur la signification de la vie, l'origine du monde ou la nature du *nirvana,* par un « superbe silence ». Les réponses dénuées de sens des maîtres Zen, lorsqu'on leur demande d'expliquer quelque chose, semblent avoir le même dessein : faire réaliser à l'élève que chaque chose est une conséquence de tout le reste ; qu'expliquer la nature veut seulement dire en dévoiler l'unité ; qu'en définitive, il n'y a rien à expliquer. Lorsqu'un moine demanda à Tozan, qui était en train de peser du lin : « Qu'est-ce que Bouddha ? » Tozan répondit : « Ce lin pèse trois livres[2] », et lorsqu'il fut demandé à Joshu pourquoi Bodhidharma était venu en Chine, il répliqua : « Un chêne dans le jardin[3]. »

Libérer l'esprit humain des mots et des explications est l'une des ambitions principales de la spiritualité orientale. Les bouddhistes comme les taoïstes parlent d'un « réseau de mots » ou d'un « filet de concepts », étendant ainsi au domaine mental l'idée du tissu d'interdépendances. Tant que nous essayons d'expliquer les choses, nous sommes liés par le *karma :* pris au piège de notre réseau conceptuel. Dépasser les mots et les explications signifie briser les liens du *karma* et parvenir à la libération.

Non seulement la conception du monde des penseurs spiri-

1. Ashvagosha, *The Awakening of Faith (L'Éveil de la foi),* p. 56.
2. Dans R. Reps, *Zen Flesh, Zen Bones (Chaire zen, os zen),* p. 104.
3. *Ibid.,* p. 119.

tuels partage avec la philosophie du bootstrap une insistance sur l'interdépendance et la cohérence de tous les phénomènes, mais elle dénie également l'existence de composantes fondamentales de la matière. Dans un univers qui est un tout indissociable, et où toutes formes sont en perpétuelle mutation, il n'y a place pour aucune entité fondamentale fixe. On ne rencontre donc généralement pas de notion de « composants fondamentaux » de la matière dans la pensée orientale. Les théories atomistes de la matière n'ont jamais été développées dans l'histoire de la pensée chinoise et, bien qu'elles soient apparues dans quelques écoles de philosophie indienne, elles restent plutôt en marge de la pensée mystique indienne. Dans l'hindouisme, la notion d'atome joue un rôle important dans le système Jaïna considéré comme hérétique, puisqu'il n'accepte pas l'autorité des Veda. Dans la philosophie bouddhiste, les théories atomistes sont apparues dans deux écoles du bouddhisme Hinayana, mais sont considérées comme des produits illusoires d'*avidya* par la branche Mahayana, plus importante. Ainsi Ashvaghosha déclare-t-il :

« Quand nous fragmentons la matière brute (ou mélangée), nous pouvons la réduire en atomes. Mais puisque les atomes seront aussi sujets à une division ultérieure, toutes formes d'existence matérielle, qu'elles soient grossières ou délicates, ne sont que l'ombre de la particularisation et nous ne pouvons leur attribuer aucun degré de réalité absolue ou indépendante[1]. »

Les principales écoles de spiritualité orientale s'accordent ainsi avec la philosophie du bootstrap sur le fait que l'univers est un ensemble lié dans lequel aucune partie n'est plus fondamentale que l'autre, et donc les propriétés de chacune sont déterminées par celles de toutes les autres. En ce sens, on pourrait dire que chaque partie « contient » toutes les autres et, en fait, une vision d'incorporation semble caractéristique de l'expérience mystique de la nature. Selon Sri Aurobindo :

« Pour l'intelligence supérieure rien n'est vraiment fini ; elle s'appuie sur le sentiment du tout est dans tout et réciproquement[2]. »

Cette notion de « tout en chaque chose et chaque chose en tout » a trouvé sa plus vaste élaboration dans l'école Avatamsaka du bouddhisme Mahayana qui est souvent considérée comme l'apogée de la pensée bouddhiste. Elle est fondée

1. Ashvaghosha, *op. cit.*, p. 104.
2. S. Aurobindo, *The Synthesis of Yoga (La Synthèse du yoga)*, p. 989.

sur le sutra Avatamsaka, qui aurait été prononcé par le Bouddha en profonde méditation après son Éveil. Ce volumineux sutra qui n'a jusqu'ici été traduit dans aucune langue occidentale décrit de façon très détaillée comment le monde est perçu dans l'état de conscience illuminée, lorsque « les contours tangibles de l'individualité se dissipent et que le sentiment de notre finitude ne nous oppresse plus[1]. » Dans sa dernière partie, appelée le Gandavyuha, il raconte l'histoire d'un jeune pèlerin, Sudhana, et donne un récit très vivant de son expérience mystique de l'univers, qui lui apparaît comme un réseau parfait de relations mutuelles, où tous les phénomènes et les événements sont en interaction, de telle façon que chacun d'eux contient en lui-même tous les autres. Le passage suivant du sutra, paraphrasé par D. T. Suzuki, recourt à l'image d'une tour magnifiquement décorée afin de communiquer l'expérience de Sudhana :

« La tour est aussi vaste et spacieuse que le ciel lui-même. Le sol est pavé d'innombrables pierres précieuses de toutes sortes, et il y a à l'intérieur d'innombrables palais, porches, fenêtres, escaliers, balustrades et passages, tous sont faits de sept sortes de pierres précieuses. A l'intérieur de cette tour, spacieuse et décorée de manière exquise, il y a encore des centaines de milliers de tours, dont chacune est ornée de façon aussi exquise que la tour principale elle-même, et aussi spacieuse que le ciel. Et toutes ces tours, en nombre incalculable, ne se gênent pas du tout les unes aux autres ; chacune préserve son existence individuelle, en parfaite harmonie avec l'ensemble ; il n'y a rien ici qui empêche qu'une tour soit fusionnée à toutes les autres, individuellement ou collectivement ; il y a un état de parfait mélange, et cependant de parfaite netteté. Sudhana, le jeune pèlerin, se voit dans toutes les tours aussi bien que dans chaque tour, là où toutes sont contenues les unes dans les autres[2]. »

La tour dans ce texte est, bien sûr, une métaphore de l'univers lui-même, et la parfaite fusion réciproque de ses parties est nommée dans le bouddhisme Mahayana « interpénétration ». L'Avatamsaka montre clairement que cette « interpénétration » est essentiellement dynamique et se produit non seulement dans l'espace, mais aussi dans le temps. Comme on l'a vu, l'espace et le temps sont considérés aussi comme s'interpénétrant.

1. D. T. Suzuki, *On Indian Mahayana Buddhism (Le Bouddhisme Mahayana indien)*, p. 150.
2. *Ibid.*, p. 183-184.

L'expérience de l'interpénétration dans l'illumination peut être considérée comme une vision mystique de la situation de bootstrap parfaite, où tous les phénomènes dans l'univers sont harmonieusement interdépendants. Dans un tel état de conscience, le domaine de l'intellect est dépassé, et les explications causales deviennent superflues, étant remplacées par l'expérience directe de l'interdépendance de tous phénomènes et événements. Le concept bouddhiste d'interpénétration va donc bien au-delà de toute théorie bootstrap scientifique. Néanmoins, il existe des modèles de particules infra-atomiques en physique moderne, fondés sur l'hypothèse du bootstrap, qui offrent un très frappant parallèle avec les conceptions du bouddhisme Mahayana.

Lorsque la notion de bootstrap est formulée dans un contexte scientifique, elle doit être limitée et approximative, et sa principale approximation consiste à ne considérer que les fortes interactions. Ces forces d'interaction étant environ cent fois plus fortes que les forces électromagnétiques, et encore plus importantes par rapport aux interactions faibles et gravitationnelles, une telle approximation semble raisonnable. Le bootstrap scientifique traite donc exclusivement des particules de fortes interactions, ou hadrons, et, par conséquent, est souvent nommé le « bootstrap hadron ». Il est formulé dans le cadre de la théorie de la matrice S et son but est de déduire toutes les propriétés des hadrons et leurs interactions uniquement des nécessités de la cohérence. Les seules « lois fondamentales » reconnues sont les principes généraux de la matrice S exposés au chapitre précédent, qui sont requis par nos méthodes d'observation et de mesure, constituant ainsi le cadre incontesté nécessaire à toute science. On peut avoir à postuler provisoirement d'autres propriétés de la matrice S en tant que « principes fondamentaux », en attendant qu'ils s'avèrent être une conséquence nécessaire de la cohérence dans la théorie complète. Le postulat que tous les hadrons forment des séquences, énoncé par la formulation de Regge, peut être de cette sorte.

Dans la terminologie de la théorie de la matrice S, l'hypothèse du bootstrap suggère donc que la matrice S tout entière, et donc toutes les propriétés des hadrons, peut être déterminée précisément à partir des principes généraux parce qu'il n'existe qu'une matrice S possible compatible avec les trois. Cette hypothèse est soutenue par le fait que les physiciens n'ont jamais été près de construire un modèle mathématique qui satisfasse aux trois principes généraux. Si l'unique matrice S cohérente est celle décrivant toutes les propriété-

tés et les interactions des hadrons, comme l'affirme l'hypothèse du bootstrap, l'échec des physiciens à construire une matrice S partielle cohérente devient compréhensible.

Les phénomènes engageant des hadrons sont si complexes qu'il n'est pas du tout certain que la matrice S soit jamais élaborée dans sa totalité, mais on peut envisager une série de modèles partiellement réussis, de plus restreinte portée. Chacun d'eux serait destiné à couvrir une partie seulement de la physique des hadrons et contiendrait donc quelques paramètres inexpliqués représentant ses limites, mais les paramètres d'un modèle pourraient être expliqués par un autre. Ainsi de plus en plus de phénomènes hadrons seraient expliqués graduellement, avec une précision sans cesse croissante, par une mosaïque de modèles se chevauchant, dont le nombre de paramètres inexpliqués ne cesserait de diminuer. Le terme de bootstrap ne convient donc jamais à aucun modèle individuel, mais ne peut s'appliquer qu'à une combinaison de modèles compatibles, dont aucun n'est plus fondamental que les autres. Comme l'a dit Chew, « un physicien qui est capable d'envisager n'importe quel nombre de modèles différents partiellement réussis sans favoritisme est automatiquement un " bootstrapper[1] ". »

Un certain nombre de modèles partiels de cette sorte existent déjà, formulés dans le langage de la matrice S et décrivant certains aspects des phénomènes hadrons. Les plus réussis d'entre eux, les « modèles duels », font un usage considérable de la description double des réactions d'hadrons en fonction des canaux directs et obliques. Ces modèles incorporent, pour la première fois, deux des trois principes généraux* plus la propriété de croisement de la matrice S et la formalisation de Regge. Ils constituent, jusqu'ici, la tentative la plus prometteuse d'application du programme bootstrap.

L'image des hadrons qui ressort de ces modèles bootstrap est souvent résumée par la formule provocante selon laquelle « chaque particule se compose de toutes les autres particules ». Il ne faut pas imaginer, toutefois, que chaque hadron contient tous les autres en un sens classique statique. Plutôt que de « se contenir » les uns les autres, les hadrons « s'impliquent » les uns les autres dans le sens dynamique et probabiliste de la théorie de la matrice S, chaque hadron étant un « état de liaison » potentiel de tous les ensembles de

1. G. F. Chew, « Hadron Bootstrap : Triumph or Frustration ? » (« Bootstrap : triomphe ou défaite »), *op. cit.*, p. 27.

* Ils ne respectent pas le « principe d'unitarité » ; voir p. 279.

particules qui peuvent interagir les uns avec les autres pour former l'hadron considéré.

En ce sens, tous les hadrons sont des structures composées dont les constituants sont encore des hadrons, et aucun d'eux n'est plus élémentaire que les autres. Les forces liantes maintenant les structures se manifestent à travers l'échange des particules, et ces particules échangées sont encore des hadrons. Chaque hadron, par conséquent, joue trois rôles : c'est une structure composée, il peut être un élément constituant d'un autre hadron et il peut être échangé par des constituants et former ainsi une des forces assurant la cohésion d'une structure. Le concept de « croisement » est déterminant dans cette représentation. Chaque hadron est maintenu par des forces associées à l'échange d'autres hadrons dans le canal oblique, dont chacun est, à son tour, maintenu par des forces auxquelles le premier hadron apporte une contribution. Ainsi, « chaque particule contribue à engendrer d'autres particules, qui à leur tour l'engendrent [1]. » L'ensemble des hadrons s'engendre lui-même de cette manière ou se maintient, pour ainsi dire, par ses bootstraps. L'idée, donc, est que ce mécanisme bootstrap extrêmement complexe est autodéterminant, c'est-à-dire qu'il ne peut être réalisé que d'une seule manière. En d'autres termes, il n'existe qu'un seul système cohérent possible d'hadrons : celui découvert dans la nature.

Dans le bootstrap des hadrons, toutes les particules sont composées dynamiquement les unes des autres d'une manière cohérente, et en ce sens peuvent être dites « se contenant » les unes les autres. Dans le bouddhisme Mahayana, une idée très similaire est appliquée à l'univers entier. Ce réseau cosmique de phénomènes et d'événements s'interpénétrant est illustré dans le sutra Avatamsaka par la métaphore du filet d'Indra, un vaste treillis de pierres précieuses surplombant le palais du dieu Indra. Selon Charles Eliot :

« On dit que dans le paradis d'Indra, il y a un treillis de perles, disposé de telle manière que si vous en regardez une vous y voyez le reflet de toutes les autres. De même, chaque objet du monde n'est pas seulement lui-même mais comprend tous les autres et est véritablement tout le reste. Dans chaque particule de poussière sont présents d'innombrables bouddhas [2]. »

1. G. F. Chew, « " Bootstrap " : A scientific Idea ? » (« " Bootstrap : une notion scientifique ? »), *op. cit.*, p. 765.

2. G. F. Chew, M. Gell-Mann et H. Rosenfeld, « Strongly Interacting Particles » (« Particules de fortes interactions »), *Scientific American (Scientifiques américains)*, vol. CCX (février 1964), p. 93.

La similitude entre cette image et celle du bootstrap de l'hadron est vraiment saisissante. La métaphore du filet d'Indra peut justement être qualifiée de premier modèle bootstrap, imaginé par les sages orientaux environ deux mille cinq cents ans avant le commencement de la physique des particules. Les bouddhistes soulignent que le concept d'interpénétration n'est pas compréhensible intellectuellement, mais doit être expérimenté par un esprit illuminé en état de méditation. Ainsi D. T. Suzuki écrit-il :

« Le Bouddha (dans le Gandavyuha) n'est plus celui qui est vivant dans le monde concevable dans l'espace et le temps. Sa conscience n'est pas celle d'un esprit ordinaire qui doit se régler sur les sens et la logique. Le Bouddha du Gandavyuha vit dans un monde spirituel qui a ses propres règles[1]. »

En physique moderne, la situation est tout à fait semblable. L'idée que chaque particule contient toutes les autres est inconcevable dans l'espace et le temps ordinaire. Elle décrit une réalité qui, comme celle du Bouddha, a ses propres règles. Dans le cas du bootstrap de l'hadron, ce sont les règles de la théorie quantique et de la théorie de la relativité, la notion clé étant que les forces maintenant les particules sont elles-mêmes des particules échangées dans les tunnels obliques. On peut donner à cette idée un sens mathématique précis, mais elle est presque impossible à visualiser. C'est là un trait spécifiquement relativiste du bootstrap et, puisque nous n'avons aucune expérience directe du monde de l'Espace-Temps quadridimensionnel, il est extrêmement difficile d'imaginer comment une seule particule peut contenir toutes les autres particules, et en même temps être une partie de chacune d'elles. Cela, toutefois, est exactement la vision du Mahayana :

« Lorsque l'un est opposé à tous les autres, on le voit les infiltrer tous et en même temps les contenir tous en lui-même[2]. »

L'idée que chaque particule contient toutes les autres n'a pas seulement surgi dans la spiritualité orientale, mais également dans la pensée mystique occidentale. Elle est implicite, par exemple, dans ces vers célèbres de William Blake :

Voir un univers dans un grain de sable
Et un paradis dans une fleur sauvage,
Tenir l'infini dans la paume de la main,
Et l'éternité dans une heure.

1. C. Eliot, *Japanese Buddhism (Bouddhisme japonais)*, p. 109-110.
2. D. T. Suzuki, *op. cit.*, p. 148.

Là encore, une vision mystique a conduit à une image du type bootstrap ; si le poète voit le monde dans un grain de sable, le physicien moderne le voit dans un hadron.

Une image semblable apparaît dans la philosophie de Leibniz qui considérait que le monde était constitué de substances fondamentales nommées « monades », dont chacune reflétait l'univers entier. Cela le conduisit à une conception de la matière qui offre des similarités avec celles du bouddhisme Mahayana et du bootstrap de l'hadron*.

Dans sa *Monadologie*, Leibniz écrit :

« Chaque portion de matière peut être vue comme un jardin plein de plantes, ou un étang plein de poissons. Mais chaque rameau de la plante, chaque membre de l'animal, chaque goutte de ses humeurs est encore semblable à un jardin ou à un étang[1]. »

Il est intéressant que la ressemblance entre ces lignes et les passages du sutra Avatamsaka mentionnés auparavant puisse provenir d'une influence réelle du bouddhisme sur Leibniz. Joseph Needham a démontré[2] que Leibniz connaissait la pensée et la culture chinoises par les traductions qu'il reçut des jésuites, et que sa philosophie aurait très bien pu être inspirée par l'école néo-confucéenne de Chu Hsi avec laquelle il était familier. Cette école, toutefois, plonge ses racines dans le bouddhisme Mahayana, et en particulier dans l'école Avatamsaka (en chinois : *Hua-yen*) de la branche Mahayana. Needham, en fait, cite la parabole du filet de perles d'Indra explicitement en relation avec les monades leibniziennes.

Une comparaison plus détaillée de la notion leibnizienne d'effet de miroir entre les monades, et de l'idée d'interpénétration dans le Mahayana, semble montrer, toutefois, que les deux sont quelque peu différentes, et que la conception bouddhiste de la matière est beaucoup plus proche de l'esprit de la physique moderne que celle de Leibniz. La différence la plus remarquable entre la monadologie et la conception bouddhiste semble consister en ce que le monades leibniziennes sont des substances fondamentales, considérées comme les constituants ultimes de la matière. Leibniz commence *La Monadologie* par ces mots : « La monade dont nous parlerons ici n'est qu'une substance simple, qui entre dans les composés ; simple, c'est-à-dire sans parties », et il ajoute :

* Le parallélisme entre la conception leibnizienne de la matière et le bootstrap des hadrons a été récemment examiné ; voir G. Gale, « La monadalogie de Chew », *Journal of History of Ideas*, vol. XXXV (avril-juin 1974), p. 339-348.

1. D. T. Suzuki, *The Essence of Buddhism (l'Essence du bouddhisme)*, p. 52.
2. Dans P. P. Wiener, *Leibniz-Selections (Leibniz-Extraits)*, p. 547.

« Ces monades sont les véritables atomes de la nature, et, en un mot, les éléments de toutes choses[1]. » Une telle vision « fondamentaliste » offre un contraste frappant avec la philosophie du bootstrap, elle apparaît totalement différente également de la vision du bouddhisme Mahayana, qui exclut toutes les entités ou substances fondamentales. La mentalité fondamentaliste de Leibniz se reflète également dans sa vision des forces qu'il considère comme des lois « imposées par décret divin » et essentiellement différentes de la matière. « Forces et activités, écrit-il, ne peuvent être des états d'une chose toute passive telle que la matière[2]. » Cela encore est contraire aux conceptions de la physique moderne et de la spiritualité orientale.

Pour ce qui est des relations effectives entre les monades, la différence principale avec le bootstrap semble être l'absence d'interaction ; les monades « n'ont pas de fenêtres », dit Leibniz, et ne font que se refléter. Par contre dans le bootstrap, comme dans le Mahayana, l'interaction, ou l'interpénétration, de toutes les particules est primordiale. De plus la matière est considérée par le bootstrap, et par le Mahayana, sous le point de vue « Espace-Temps », qui voit les objets comme des événements dont l'interpénétration mutuelle ne peut être comprise qu'à la lumière de l'interpénétration de l'Espace et du Temps eux-mêmes.

L'hypothèse du bootstrap n'est pas encore solidement démontrée, et les difficultés techniques qu'implique sa démonstration sont considérables. Néanmoins, les physiciens songent déjà à étendre l'approche « cohérente » au-delà de la description des hadrons. Dans le contexte actuel de la théorie de la matrice S, une telle extension n'est pas possible. Le cadre de la matrice S a été spécialement développé pour décrire les fortes interactions et ne peut être appliqué au reste de la physique des particules, la raison principale étant qu'il ne peut convenir aux particules dénuées de masse, caractéristiques de toutes les autres interactions. Afin d'étendre le bootstrap d'hadron, donc, un cadre plus général devra être découvert, et dans ce nouveau cadre quelques-uns des concepts à présent admis sans explication devront être « bootstrappés » : ils devront être déduits de la cohérence générale. Selon Geoffrey Chew, cela pourrait affecter notre conception de l'Espace-Temps macroscopique, et peut-être même celle de la conscience humaine.

1. Dans J. Needham, *op. cit.*, vol. II, p. 496 sqq.
2. Dans P. P. Wiener, *op. cit.*, p. 533.

« Portée à son extrême logique, l'hypothèse du bootstrap implique que l'existence de la conscience, et de tous les autres aspects de la nature, est nécessaire à la cohérence de l'ensemble[1]. »

Cette vision, là encore, est en parfait accord avec les conceptions des traditions spirituelles orientales, qui ont toujours considéré la conscience comme une partie intégrante de l'univers. Dans la vision orientale, les êtres humains, comme toutes les autres formes de vie, font partie d'un ensemble organique indissociable. Leur intelligence, par conséquent, implique que l'ensemble soit également intelligent. L'être humain est considéré comme une preuve vivante de l'intelligence universelle ; en nous, l'univers répète indéfiniment sa capacité de produire des formes à travers lesquelles il prend conscience de lui-même.

En physique moderne, la question de la conscience a surgi à propos de l'observation des phénomènes atomiques. La théorie quantique a fait apparaître clairement que ces phénomènes ne peuvent être compris que comme des maillons d'une chaîne de processus, dont le terme se situe dans la conscience de l'observateur humain. Selon l'expression d'Eugène Wigner : « Il n'était pas possible de formuler les lois de la théorie des quanta d'une façon pleinement cohérente sans faire référence à la conscience[2]. » La formulation pragmatique de la théorie des quanta utilisée par les scientifiques dans leurs travaux ne fait pas explicitement référence à leur conscience. Wigner et d'autres physiciens ont soutenu, toutefois, que l'inclusion explicite de la conscience humaine peut être un aspect essentiel des futures théories de la matière.

Un tel développement ouvrirait des perspectives intéressantes à une interaction directe entre la physique et la spiritualité orientale. La compréhension de notre propre conscience et de sa relation avec le reste de l'univers est le point de départ de toutes les expériences mystiques. Les penseurs orientaux ont exploré pendant des siècles divers modes de conscience, et les conclusions auxquelles ils sont parvenus diffèrent souvent radicalement des idées soutenues en Occident. Si les physiciens veulent réellement inclure la nature de la conscience humaine dans le champ de leur recherche, une étude des idées orientales pourrait bien leur apporter de nouveaux points de vue encourageants.

1. *Ibid.*, p. 161.
2. G. F. Chew, « " Bootstrap " : A scientific Idea ? » « " Bootstrap " : une notion scientifique ? », *op. cit.*, p. 763.

Ainsi l'élargissement du bootstrap des hadrons, avec le « bootstrappage » de l'Espace-Temps et de la conscience humaine qu'il pourrait impliquer, ouvrirait la voie à de nouvelles possibilités, qui pourraient bien dépasser le cadre conventionnel de la science.

« Une telle démarche dépasserait tout ce qui comprend le bootstrap de l'hadron ; nous serions obligés d'affronter le concept vague d'observation, et peut-être même celui de conscience. Notre confrontation actuelle avec le bootstrap de l'hadron n'est peut-être qu'un avant-goût d'une forme totalement nouvelle d'effort intellectuel humain, qui non seulement se trouverait en dehors du champ de la physique mais ne serait même pas qualifiable de scientifique[1]. »

Où donc nous conduit l'idée du bootstrap ? Cela, bien sûr, personne ne le sait, mais il est fascinant de méditer sur son destin ultime. Il est permis d'imaginer un ensemble de théories futures couvrant un champ sans cesse plus vaste de phénomènes naturels avec une précision sans cesse croissante ; un réseau qui contiendrait de moins en moins de points inexpliqués, déduisant de plus en plus sa structure de la compatibilité mutuelle de ses parties. Un jour, donc, un point sera atteint où les caractéristiques de cet ensemble de théories qui resteront inexpliquées seront les éléments du cadre scientifique. Au-delà de ce point, la théorie ne sera plus en mesure de traduire ses résultats par des mots, ou des concepts rationnels, et transcendera ainsi la science. Au lieu d'une *théorie* bootstrap de la nature, elle deviendra une *vision* bootstrap de la nature, transcendant les domaines de la pensée et du langage, menant hors de la science, dans le monde d'*acintya*, l'impensable.

La connaissance contenue dans une telle vision sera complète, mais ne pourra être communiquée par des mots. Ce sera le savoir que Lao-tseu avait à l'esprit, il y a plus de deux mille ans, lorsqu'il disait :

Celui qui sait ne parle pas
Celui qui parle ne sait pas[2].

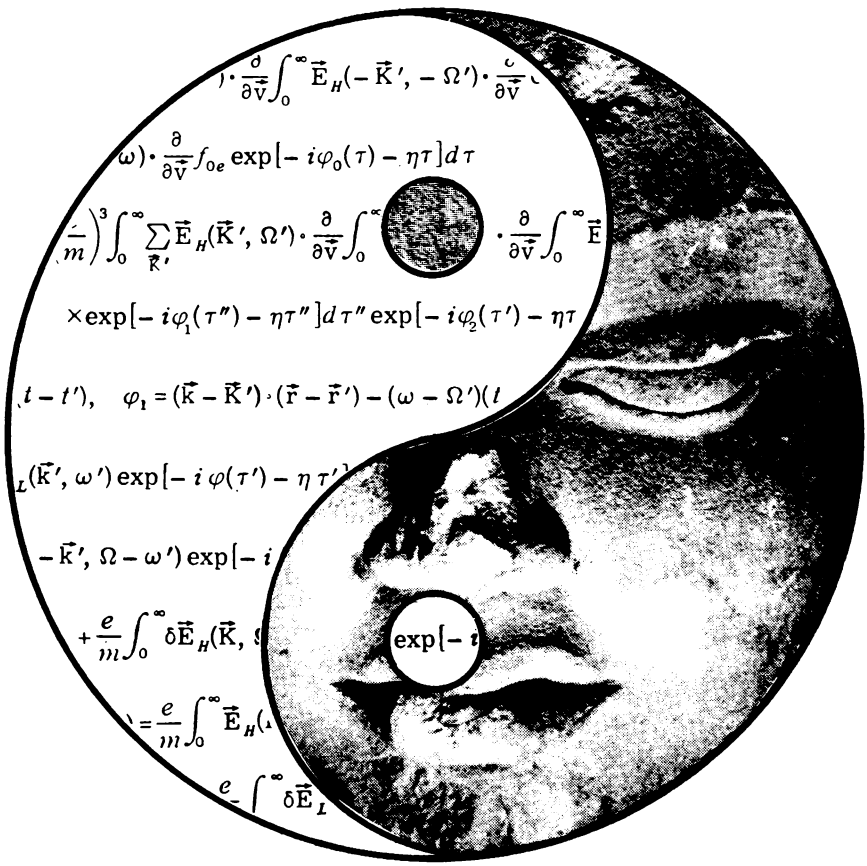
1. E. P. Wigner, *Symmetries and Reflections — Scientific Essays (Symétrie et réflexions — Essais scientifique)*, p. 172.
2. Lao-tseu, *Tao-tö king*, trad. Ch'u Ta-kao, chap. LXXXI.

Épilogue

Les philosophies religieuses orientales traitent de la connaissance mystique éternelle qui dépasse le raisonnement et dont on ne peut donner une expression verbale adéquate. La parenté de cette connaissance avec la physique moderne n'est qu'un de ses divers aspects et, comme tous les autres, il ne peut être démontré de façon concluante, mais doit être expérimenté d'une façon intuitive, directe, immédiate. Ce que j'espère avoir réalisé, jusqu'à un certain point, n'est donc pas une démonstration rigoureuse, mais plutôt d'avoir donné au lecteur une occasion de rejoindre, par moments, une expérience qui est devenue pour moi une continuelle source de joie et d'inspiration : les théories et les modèles principaux de la physique moderne conduisent à une vision du monde cohérente et en parfaite harmonie avec les conceptions de la spiritualité orientale.

Pour ceux qui ont fait l'expérience de cette harmonie, l'importance des parallèles tracés entre les conceptions du monde des physiciens et des mystiques ne fait aucun doute. La question intéressante n'est donc pas de savoir si ces parallèles existent, mais pourquoi, et, en outre, ce qu'implique leur existence.

Pour essayer de comprendre le mystère de la vie, l'homme a suivi différentes voies. Parmi elles se trouvent les voies scientifiques et spirituelles, mais il y en a bien d'autres ; les voies des poètes, des enfants, des clowns, des chamanes, pour n'en citer que quelques-unes. Ces voies ont abouti à diverses descriptions du monde, à la fois verbales et non verbales, mettant en relief divers aspects. Toutes sont valides et utiles dans le contexte où elles apparaissent. Toutes, cependant, ne sont que des descriptions, ou des représentations, de la réalité et sont par conséquent limitées. Aucune ne saurait donner une image complète du monde.



La conception mécaniste du monde de la physique classique est utile à la description des phénomènes physiques que nous rencontrons dans notre vie quotidienne et donc propre à traiter de notre environnement quotidien, et une telle conception s'est révélée également extrêmement opérante en tant que base de la technologie. Elle s'avère cependant incapable de rendre compte des phénomènes physiques dans le domaine infra-atomique. Ce qui s'oppose à la conception mécaniste du monde, c'est la vision spirituelle qui peut être résumée par le mot « organique », puisqu'elle considère tous les phénomènes de l'univers comme les parties intégrantes d'un tout harmonieux et indissociable. Dans les traditions

mystiques, une telle vision du monde naît des états méditatifs de la conscience. Dans leur description du monde, les mystiques usent de concepts tirés de ces expériences non ordinaires et qui sont, en général, impropres à une description scientifique des phénomènes macroscopiques. La vision organique du monde n'offre aucun intérêt pour la construction des machines, ni pour la résolution des problèmes techniques dans un monde surpeuplé.

Dans la vie quotidienne, les visions mécanistes et organiques de l'univers sont donc également valides et utiles ; l'une pour la science et la technologie, l'autre pour une vie spirituelle équilibrée et accomplie. Au-delà des dimensions de notre environnement quotidien, toutefois, les concepts mécanistes perdent leur validité et doivent être remplacés par des concepts organiques très voisins de ceux utilisés par les mystiques. Telle est l'expérience essentielle de la physique moderne, dont il a été question ici. Les physiciens au XX[e] siècle ont montré que les concepts de la vision organique du monde, bien que de peu de valeur pour la science et la technologie à l'échelle humaine, deviennent extrêmement pratiques au niveau atomique et infra-atomique. La vision organique semble donc plus fondamentale que la vision mécaniste. La physique classique, fondée sur cette dernière, peut être déduite de la théorie des quanta, qui implique la première, tandis que l'inverse n'est pas vrai. Cela semble donner une première indication de la raison pour laquelle nous pouvons nous attendre à ce que les visions du monde de la physique moderne et de la pensée spirituelle orientale soient similaires. Elles se présentent toutes deux lorsque l'homme examine la nature essentielle des choses — les strates les plus profondes de la matière en physique ; les états de conscience les plus profonds dans le mysticisme —, lorsqu'il découvre une réalité différente sous l'apparence mécaniste superficielle de la vie quotidienne.

Les parallèles entre les visions des physiciens et celles des mystiques se font encore plus plausibles lorsque nous nous rappelons les autres similitudes qui existent en dépit de leurs différentes approches. Tout d'abord, leurs méthodes sont totalement empiriques. Les physiciens tirent leur savoir des expérimentations ; les mystiques de la pénétration de la méditation. Toutes deux sont observation, et dans les deux cas l'observation est reconnue comme unique source de connaissance. L'objet de l'observation est évidemment très différent dans les deux cas. Le mystique regarde en lui-même et explore sa conscience à divers niveaux, incluant le corps

comme manifestation physique de l'esprit. L'expérience du corps est, en fait, soulignée dans bien des traditions orientales, et considérée souvent comme la clef de l'expérience mystique du monde. Lorsque nous sommes en bonne santé, nous ne sentons aucune fragmentation de notre corps, mais nous le percevons comme un tout unifié, et cette conscience engendre un sentiment de bien-être et de bonheur. De façon semblable, le mystique perçoit l'intégralité de l'univers comme un prolongement du corps. Selon le Lama Govinda :

« L'homme éveillé, dont la conscience embrasse l'univers : l'univers devient son " corps ", tandis que son corps physique devient une manifestation de l'esprit universel, sa vision intérieure une expression de la réalité suprême, et sa parole une expression de la vérité éternelle et du pouvoir des *mantra*[1]. »

Au contraire du mystique, le physicien commence sa recherche de la nature essentielle des choses par l'étude du monde matériel. Pénétrant dans des strates toujours plus profondes de matière, il prend conscience de l'unicité essentielle de tous les phénomènes et de tous les événements. Plus encore, il apprend également que lui-même et sa conscience sont une partie intégrante de cette unicité. Ainsi le mystique et le physicien arrivent-ils à la même conclusion ; l'un partant de son monde intérieur, l'autre du monde extérieur. L'harmonie de leurs vues confirme l'ancienne sagesse indienne : *Brahman,* la réalité ultime extérieure, est identique à *atman,* la réalité intérieure.

Le fait que leurs observations aient lieu dans des domaines inaccessibles aux sens ordinaires constitue une nouvelle ressemblance entre les voies du physicien et du mystique. En physique moderne, ce sont les domaines du monde atomique et infra-atomique, dans la spiritualité ce sont les états non ordinaires de conscience dans lesquels le monde sensible est dépassé. Les mystiques parlent souvent d'expérimenter des dimensions supérieures, dans lesquelles les empreintes sur les différents centres de conscience sont intégrées en un tout harmonieux. Une situation similaire se rencontre en physique moderne, où a été développée une formalisation quadridimensionnelle de l'Espace-Temps unifiant des concepts et des observations appartenant à des catégories différentes dans le monde tridimensionnel ordinaire. Dans les deux domaines, les expériences multidimensionnelles transcendent le monde

1. Lama Anagarika Govinda, *Foundations of Tibetan Mysticism (Les Fondements de la mystique tibétaine),* p. 225.

sensoriel et sont, par conséquent, presque impossibles à exprimer en langage ordinaire.

Nous voyons que les voies du physicien moderne et du sage traditionnel, qui semblent de prime abord totalement sans rapport, ont, en fait, beaucoup en commun. On ne devrait dès lors pas être surpris qu'il existe des parallèles frappants dans leurs descriptions du monde. Une fois acceptés ces parallèles entre la science occidentale et la spiritualité orientale, un certain nombre de questions concernant leurs implications vont surgir. La science moderne, avec tous ses mécanismes sophistiqués, redécouvre-t-elle, simplement, une antique sagesse connue en Orient depuis des milliers d'années ? Les physiciens devraient-ils donc abandonner la méthode scientifique et commencer à méditer ? Ou peut-il y avoir une influence mutuelle entre la science et la spiritualité ; peut-être même une synthèse ?

Je pense qu'il faut répondre à toutes ces questions par la négative. Je considère la science et la spiritualité comme deux manifestations complémentaires de l'esprit humain, de ses facultés rationnelles et intuitives. Le physicien moderne fait l'expérience du monde en privilégiant à l'extrême la pensée rationnelle ; le mystique en privilégiant à l'extrême la pensée intuitive. Les deux approches sont entièrement différentes et mettent en jeu bien plus qu'une certaine vision du monde physique. Toutefois, elles sont complémentaires, selon la terminologie utilisée en physique. Aucune n'englobe l'autre, et elles ne peuvent être réduites l'une à l'autre, mais toutes deux sont nécessaires, s'épaulant mutuellement pour une compréhension exhaustive du monde. Pour paraphraser un vieil adage chinois, les mystiques comprennent les racines du Tao mais non ses branches ; les savants comprennent ses branches mais non ses racines. La science n'a pas besoin de la mystique et la mystique n'a pas besoin de la science ; mais l'homme a besoin des deux. L'expérience spirituelle est nécessaire pour comprendre la nature la plus profonde des choses, et la science est essentielle à la vie moderne. Ce dont nous avons besoin, par conséquent, ce n'est pas une synthèse mais une interaction dynamique entre l'intuition mystique et l'analyse scientifique.

Cela n'a pas encore été réalisé dans notre société. Actuellement, notre attitude est trop *yang* — pour utiliser à nouveau la terminologie chinoise —, trop rationnelle, masculine et agressive. Les scientifiques eux-mêmes en sont un exemple typique. Bien que leurs théories conduisent à une vision du monde semblable à celle des mystiques, il est surprenant que

celles-ci aient si peu modifié les attitudes de la plupart des scientifiques. Dans la spiritualité, la connaissance ne peut être séparée d'un certain style de vie qui devient sa manifestation vivante. Acquérir une connaissance spirituelle signifie subir une transformation ; on pourrait même dire que la connaissance est transformation. La connaissance scientifique, en revanche, peut rester souvent abstraite et théorique. Ainsi, la plupart des physiciens actuels ne semblent-ils pas réaliser la portée philosophique, culturelle et spirituelle de leurs théories. Beaucoup d'entre eux soutiennent activement une société fondée sur une vision mécaniste et fragmentée du monde, sans voir que la science désigne, par-delà une telle conception, une vérité du monde qui inclut non seulement notre environnement naturel, mais aussi toute l'humanité. Je crois que la vision du monde impliquée par la physique moderne est incompatible avec notre société actuelle, qui ne reflète aucunement l'interdépendance harmonieuse que nous observons dans la nature. Afin de réaliser un tel état d'équilibre dynamique, une structure économique et sociale radicalement différente sera nécessaire : une révolution culturelle au vrai sens du mot. La survie de notre civilisation entière dépend peut-être de notre possibilité de réaliser une telle transformation. Cela dépendra, en dernière instance, de notre capacité à adopter quelques-unes des attitudes *yin* de la spiritualité orientale ; à faire l'expérience de la totalité de la nature, et de l'art de vivre en harmonie avec elle.

Index

ABSTRACTION : 28, 34, 123, 134.
ACCÉLÉRATEUR : 80, 138, 230, 239.
ACINTYA : 148, 306.
ACUNPUNCTURE : 110, 217.
AIR : 71, 239.
ALPHA (particule) : 67.
AMPLITUDE : 158.
ANTIMATIERE : 79.
ANTIPARTICULE : 79, 185, 230, 257, 259, 273, 289.
ANTIPROTON : 226, 230, 234, 236, 244, 273.
ANTIQUARKS : 259.
APPROXIMATION : 43, 292.
ARC (tir à l') : 126.
ARISTOTE : 21, 22.
ART : bouddhiste, 95 — oriental, 40, 261 — grec, 261 — indien, 92 — japonais, 126 — religieux, 249.
ASHVAGOSHA : citations : 24, 134, 158, 168, 296, 297.
ASTRONOMIE : 76, 173, 239 — chinoise, 167 — grecque, 166, 262.
ASTROPHYSIQUE : 65, 66, 173, 181, 213.
Atman : 89, 310.
ATOMES : conception chinoise, 296 — classification, 251 — constituants, 52, 203, 207, 229 — conception de Démocrite, 57 — conception grecque, 21 — conception indienne, 296 — stabilité mécanique, 71 — conception newtonienne, 52 — modèle planétaire, 71 — taille, 67 — structure 67, 71, 203, 252, 291.
ATOMIQUE (monde) : 47, 53, 78.
AUROBINDO, SRI : 56, 141, 176, 297.
Avatamsaka : 101, 121, 142, 177, 297, 298.
Avidya : 24, 98, 134, 297.

BARYON : 78, 231, 233, 252, 257.
Bhagavad-Gita : 41, 89, 116, 194, 203.
« BIG BANG » : 202.
BLAKE, William : 302.
Bodhi : 101.
BODHIDHARMA : 124, 296.
BODHISATTVA : 101, 311.
BOHM, David : 141.
BOHR, Niels : 18, 56, 140
« BOOTSTRAP » : hypothèse, 291, 292, 295, 303 — modèles, 43, 291 — philosophie, 291, 303.
BOUDDHA : nature de : 35, 50, 124.
BOUDDHÉITÉ : 99, 101.
BOUDDHISME : chinois, 44, 50 — japonais, 44, 50 — tibétain, 141.
Brahman : 89, 100, 107, 134, 141, 193, 246, 248.
BULLES (chambre à) : 81, 138, 206, 230, 235, 239, 249.
Bushido : 41, 128.

CADRE DE RÉFÉRENCE : 172, 174, 182.
CALLIGRAPHIE : 40, 129.
CANAL (de réaction) : 273, 280, 285.
CARTE : quadridimensionnelle, 187 — de la réalité : 28, 32, 35, 43, 293.
CARTÉSIEN : (dualisme) : 23, 59, 71.
CASCADE DE PARTICULES : 231.
CASTANEDA, Carlos : citations, 11, 36, 194.
CATÉGORIES : 97, 122, 147.
CAUSE et EFFET : 17, 56, 83, 96, 190.
CHAMP : dans la mystique orientale, 226 — électromagnétique, 63, 155, 170, 211, 213, 216 — fondamental, 265, 291 — gravitationnel, 66 — quantique, 152, 212, 214, 219, 222, 226 — unifié, 214 — équations du champ d'Einstein, 180, 200, 202, 211 — théorie du, 211, 214.
Ch'an : 36, 121, 124, 195.
CHARGE ÉLECTRIQUE : des particules subatomiques : 75, 79, 185, 230, 251, 256, 269, 295.
CHEW, Geoffrey : citations : 278, 291, 300, 301, 305.
Ch'en Shun : 295.
Ch'i : 110, 216, 239.

CHIMIQUE (élément) : 68, 76, 251.
CHINOISE (langue) : 103.
CHOSES : composées, 98 — nature essentielle, 20, 51, 100, 307.
CHU HSI : 105, 295, 303.
COLLISIONS DE PARTICULES : 9, 80, 136, 138, 205, 223, 253.
COMPLÉMENTARITÉ : 163.
CONCEPTS : abstraits, 28 — classiques, 136, 152 — communs, 48 — illusoires, 97 — limitation des, 99 — opposés, 156 — relativistes, 280 — révision des, 17 — transcendés, 97, 215.
CONFUCIANISME : 28, 104, 107, 115, 119, 217.
CONFUCIUS : 95, 103, 111.
CONNAISSANCE : absolue, 27, 29, 297 — conventionnelle, 115 — intuitive, 28, 31 — mystique, 142, 307, 311. — pratique, 103 — rationnelle, 29, 31, 32, 115 — relative, 28, 295 — religieuse, 28 — scientifique, 28, 312.
CONSCIENCE : modes rationnel et intuitif, 27, 37 — modes masculin et féminin, 150 — dans la physique moderne, 143, 145, 305 — états non ordinaires, 31, 41, 183, 209, 308, 311.
CONSERVATION (lois de) : 205, 255, 259, 273.
CONSTANTE FONDAMENTALE : 295.
CONSTITUANTES (parties) : 80, 82, 253, 260, 270.
CONTRACTION RELATIVISTE : 174.
COOMARASWAMI, Ananda : 44, 246.
COORDONNÉES : 168.
COSMIQUE (rayonnement) : 9, 62, 239.
COURANT ÉLECTRIQUE : 211.
CRÉATION (mythe hindou de la) : 89.
CRÉATION ET DESTRUCTION : dans l'hindouisme, 246 — dans la physique moderne, 248 — des particules, 9, 79, 185, 206 221, 229, 235, 272.
CROISEMENT : 274, 300.
CULTURELLE (révolution) : 311.

DAITON : 50.
DANSE : cosmique, 9, 229 — de création et de destruction, 239 — de l'énergie, 208, 227, 239, 248 — de la matière, 198 — de Shiva, 8, 45, 295.
DAVID-NEEL, Alexandra : 246.
DE BROGLIE, Louis : 68, 189.
DECUPLET : 258.
DÉESSES : 44, 87, 91.
DÉMOCRITE : 21, 52, 140.
DESCARTES, René : 22, 59, 293.
DÉTERMINISME : 58
Dharmakaya : 101, 106, 134, 193, 215.
DIEU : 20, 58, 89, 166, 248, 292.
DIEUX INDIENS : 44, 87, 89, 91, 194.
DIRAC, Paul : 68, 80.
DIVIN : mère divine : 91.
Do : 126.
DON JUAN : 19, 36, 48, 193.
Duhkha : 97.

ÉCHANGE DE PARTICULES : hadrons, 233, 301 — mésons, 220 — photons, 218 — pions, 216.
EDDINGTON, Sir Arthur : 200.
EGO, Voir SOI
EINSTEIN, Albert : 64, citations, 55, 57, 214.
ÉLÉATES (écoles des) : 20.
ÉLECTRODYNAMIQUE : 63, 170, 211, 214.
ÉLECTROMAGNÉTIQUE (rayonnement) : double nature, 49, 69 — spectre 62.
ÉLECTRONS : 49, 50, 52, 67, 71, 72, 77, 79, 81, 83, 137, 143, 154, 156, 184, 202, 220, 229, 233, 251, 265, 291, 294.
ÉLECTRON-VOLT : 232.
ELIOT, Sir Charles : 301.
EMPIRIQUE (attitude) : de la science, 32 — de la spiritualité orientale 35.
ÉNERGIE : équivalente à la masse, 65 — cinétique, 80 — dans les collisions de particules, 138, 205, 237, 272.
ENSHO, Fuketsu : 44.
ENTITÉ : fondamentale, 292 — isolée, 134, 138 — physique, 139, 163, 226.
ENVIRONNEMENT : harmonie avec, 118, 312 — naturel, 23.
ÉPOPÉES INDIENNES : 44, 88.
ÉQUATIONS DU MOUVEMENT, DE NEWTON : 58.
ESPACE : absolu, 57 — commencement de, 202 — courbe, 29, 180 — vide, 66, 212 — structure, 212, 226 — mesure et relativité, 66, 168, 182.
ESPACE-TEMPS : courbe, 177 — plat, 181 — structure, 182 — diagramme, 184 — expérience des mystiques orientaux, 73, 189.
ESPRIT : chinois, 102, 121 — souillé, 281 — indien, 102 — intuitif et rationnel, 33, 311 — japonais, 102, 122 — et matière, 21 — occidental, 316.
ÉTHER : 63.
ÉTOILE : désintégration : 181.
EUCLIDE : 166.
ÉVEIL : 97, 99, 122, 123.
ÉVÉNEMENT : en interrelation, 134 — séparé, 133 — horizon événementiel, 181.
ÉTATS EXCITÉS : 72, 74, 252.
EXPÉRIENCE : 31, 36, 42, 136, 138, 176,

FARADAY, Michael : 61, 211.
FEMELLE : 92, 108.
FÉMININ : 118, 150.
FEYNMAN, Richard : diagramme de : 221, 223, 243, 267, 277.
FLUX : énergie : 229, 239, 245, 248, 272, 286.
FORCE : d'assemblage, — centrifuge, 212 — conception orientale, 24, 225 —

électrique, 61, 74, 198, 234 — électromagnétique, 222, 233 — gravitionnelle, 212 — voir aussi GRAVITÉ, conception grecque, 21, 24 — magnétique, 61 — dans la physique moderne, 82, 219 — conception newtonienne, 55 — nucléaire, 78, 197, 232.
FORD, Kenneth : 245.
FRAGMENTATION : 23, 40, 90.
FUNG YU-LANG : 107.

GALAXIE : 171, 179, 202, 213, 233, 239.
GALILÉE : 22.
Gandavyuha : 298, 302.
GELL-MANN, Murray : 259.
GÉOMÉTRIE : conception orientale, 166, 261 — euclidienne, 57 — grecque, 166 — non euclidienne, 180 — sur une sphère, 178.
GOVINDA, Lama Anagarika : citations : 145, 153, 157, 190, 219, 310.
GRAVITATIONNEL (effondrement) : 181, 198.
GRAVITÉ : 57, 62, 177, 180, 212.
GRAVITON : 234.
GUERRIER : 41, 96.

HADRON : constituants, 259 — modèles, 265, 278, 280 — propriétés, 259 — séries, 252 — structures, 253, 259, 271 — symétries, 280.
HAIKU : 44.
HEISENBERG, Weiner : citations : 7, 18, 29, 47, 52, 55, 69, 142, 268.
HÉRACLITE : 19, 20, 48, 95, 118, 193.
HERRIGEL, Eugen : 126.
HEXAGRAMME : 110, 282.
HINAYAMA : 95, 99, 296.
HINDOUISME : 19, 43, 48, 83, 87, 117.
HORLOGES : ralentissement : 173.
HOUEÏ-NENG : 183.
HOYLE, Fred : 213.
HUAI NAN TZU : 119, 196.
HUA-YEN : 102, 121.
HUBBLE (loi de) : 201.
HYDROGÈNE (atome) : 68, 235.
HYLOZOÏSTES : 20.
HYPERCHARGE : 257.

IBN ARABI : 19.
IDENTITÉ : des atomes,71 — des particules subatomiques, 251.
IMPERMANENCE : 97, 106, 195, 282.
INDRA (filet d') : 301, 303.
INERTIE : 205, 213.
INFRAMICROSCOPIQUE (monde) : 54, 76, 203.
INTELLECT : 27, 29, 115, 133, 298.
INTELLIGENCE : intuitive, 119 — cosmique, 304.
INTERACTIONS : classification, 244 — électromagnétique, 214 — gravitationnelle dans la théorie quantique, 140 — fortes, 220 — très faibles, 188.
INTERFÉRENCE : 48, 160.
INTERPÉNÉTRATION : 176, 207, 297, 301.
INTERSTELLAIRE : gaz, 200 — espace, 239.
INTUITION : 32, 174, mystique : 116, 312.
ISOSPIN : 257.

JAINA (école) : 297.
JAMES, William : 31.
JOSHU : 50, 123, 124, 296.
JOYCE, James : 259.
Judo : 126.

Kalpa : 203.
KAON : 231, 235, 269.
Karma : 90, 95, 97, 191, 194.
Karuna : 101.
Kegon : 102, 121.
Koan : 45, 50, 123, 125.
KRISHNA : 88, 92, 147, 194.
KORZYBSKI, Alfred : 29, 34.
Kuan : 36.
Kuan-tzu : 216.
KUEÏ KU TZU : 110.

LANGAGE : factuel, 45 — inadéquation du, 33 — limites du, 45 — mytique, 45 — ordinaire, 47 — scientifique, 33 — transcendé, 151.
LAO-TSEU : citations : 28, 30, 38, 40, 117, 147, 150.
LAPLACE, Pierre-Simon : 59.
LAUE, Max von : 67.
LEIBNIZ : 303.
LEUCIPPE : 21.
Li : 294.
LIBÉRATION : hindoue, 91 — taoïste, 115 — du temps, 193 — védantique, 91, 120.
Lila : 89, 203.
LOIS DE LA NATURE : déterministes, 71 — fondamentales, 22, 52, 262, 292.
LOGIQUE : classique, 48 — grecque, 31 — limites de la, 50, 53.
LOVELL, Sir Bernard : 202.
LUMIÈRE : nature double, 48 — vitesse, 43, 65, 70, 231.

MACH, Ernst : 213.
Mahabharata : 88.
MAHAYANA : 95, 98, 141, 176, 297, 301.
MALE : 108, 149.
Mandala : 37, 38.
Mantra : 38.
MARGENAU, Henry : 166.
MARTIAUX (arts) : 41, 127.
MASCULIN : 119, 150.
MASSE : équivalente à l'énergie, 205 — des particules subatomiques, 251.
MATHÉMATIQUES : grecques : 167.

MATIÈRE : constituants, 291 — distribution dans l'espace, 179 — nature dynamique, 193 — dans la philosophie grecque archaïque, 21 — mutabilité, 82 — nucléaire, 75 — aspect solide, 71 — structure, 261 — dans la physique subatomique, 227.
MA-TSEU : 124.
MAXWELL, James Clerk : 61, 63, 211.
Maya : 89, 95, 134, 246, 248.
MÉCANIQUE : newtonienne : 22, 43, 59, 64.
MÉDITATION : 26, 38, 39, 91, 97, 133, 153, 261.
MÉSON : 78, 220, 231, 233, 252, 258, 289, 297.
MESURES DANS LA PHYSIQUE ATOMIQUE : 138, 144, 268.
MILÉSIENNE (école) : 20.
MINKOWSKI, Hermann : 174, 176.
MODE DE VIE : chinois, 109 — oriental, 38 — japonais, 121 — mystique, 312.
MODÈLE : nature approximative, 42 — cosmologique, 179 — mathématique, 31 — newtonien, 43 — quantique-relativiste, 78 — relativiste, 134 — scientifique, 37 — verbal, 31.
MODÈLES : atomiques, 252 — cycliques, 108 — dynamiques, 79 — de l'énergie, 81 — quadridimensionnels, 189 — dans le monde des particules, 252.
Moksha : 91, 98.
MOLÉCULE : 9, 74, 76, 83, 233, 239.
MOMENT : 142, 159, 267, 279.
MONADE : 303.
MOUVEMENT : dans la physique atomique, 156 — circulaire, 148 —cyclique, 107 — conception orientale, 24 — dans la théorie de la relativité, 173 — des corps solides, 43 — thermique, 60 — dans la spiritualité orientale, 193 — dans la physique moderne 206.
MUON : 231.
MYSTIQUE (expérience) : fondement de la connaissance,31 — comparée à l'expérience scientifique, 38 — caractère paradoxal, 50.
MYTHE : 45, 89.
MYTHOLOGIE HINDOUE : 89, 92, 201, 248.

NAGARJUNA : 99.
NAISSANCE ET MORT : 216, 246.
NEEDHAM, Joseph : citations : 35, 106, 119, 167, 209, 218, 294, 304.
NÉO-CONFUCÉENNE (école) : 105.
NEUTRINO : 229.
NEUTRON : 52, 68, 75, 76, 83, 197, 229, 240, 249, 250, 267, 291.
NEWTON, Isaac : 22, 42, 57, 58, 140, 212, 292.
Nirvana : 95, 97, 100, 296.
NUCLÉON : 75, 204, 220, 222, 233.

OBJECTIVE (description de la nature) : 59, 64.
OBJET : atomique, 134 — composé, 80 — isolé, 24 — matériel, 140 — physique, 140 — solide, 69 — statique, 78.
OBSERVATEUR : dans la physique atomique, 70 — dans la théorie de la relativité, 168.
OBSERVATION : dans la physique atomique, 70 — dans la spiritualité orientale, 35 — de la nature, 35 — dans la science, 42.
OCTET : 257
OMÉGA (particule) : 231, 271.
ONDE : électromagnétique, 48 — lumineuse, 62 — radio, 62 — sonore, 63 — liquide, 63.
ONDE-PARTICULE (dualité) : 69, 71, 153.
ONDES : longueur d', 158 — paquet d', 160.
OPPENHEIMER, Robert Julius : 18, 156.
OPPOSÉS : 28, 116, 147.
ORBITE ATOMIQUE : 72, 251.
OSCILLATION : 149, 157.

PEINTURE : chinoise, 261, — japonaise, 126, 261.
PALI (canon) : 98.
PARADOXES : dans la physique atomique, 48, 51, 68 — dans la spiritualité, 48 — dans la physique des particules, 261 — dans la théorie de la relativité, 171 — dans le taoïsme, 49 — dans le Zen, 50, 123.
PARMÉNIDE : 21.
PARTICIPANT : 143.
PARTICULE : élémentaire, 77 — matérielle, 196 — solide, 57.
PARTICULES SUBATOMIQUES : chargées, 235 — classification, 240 — disparition, 135 — nature dynamique, 79 — familles, 25 — durée, 81 — massives, 221 — dépourvues de masse, 230 — neutres, 235 — propriétés, 81 — tailles, 230 — stables, 230 — à forte interaction, 233 — structure, 252 — tableau, 78, 231 — traces, 81 — instables, 136 — virtuelles, 223.
PAULI, Wolfgang : 68.
PENSÉE : chinoise, 103 — conceptuelle, 40 — structure linéaire, 27 — occidentale, 23.
PÉRIODIQUE (tableau) : 251.
PHÉNOMÈNES : atomiques, 64 — électromagnétiques, 43 — nucléaires, 77 — stellaires, 76 — subatomiques, 82.
PHILOSOPHIE : chinoise, 28, 103, 196 — orientale, 23, 167, 176, 264 — grecque, 20, 32 — indienne, 194 — japonaise, 102 — occidentale, 19, 48, 91, 166, 293.
PHOTOÉLECTRIQUE (effet) : 49, 50.

PHOTON : 70, 73, 74, 156, 159, 184, 185, 220, 225, 233, 265.
PHYSIQUE : atomique, 48, 64 — classique, 23, 51, 56 — expérimentale, 52 — des hautes énergies, 9, 81, 170, 174 — moderne, 63 — des particules, 80 — relativiste, 79 — subatomique, 83.
PION : 221, 231, 234, 236, 241, 268, 275.
PLANCK, Max : 69.
PLANÈTE : 59, 66, 180, 198, 233.
PLATON : 166, 261.
PO-CHANG : 125.
POÉSIE : 44.
POLARITÉ : masculin/féminin, 149, 150 — des opposés, 116, 147, 164.
POSITION : des particules subatomiques : 137, 142, 155, 157.
POSITRON : 78, 185, 186, 230, 236.
Prajna : 101.
Prajna-Paramita-Hridaya sutra : 219, 227.
PRINCIPE DE LA RELATIVITÉ : 170, 279.
PROBABILITÉ : amplitude, 160 — modèle, 70, 137, 141 — fonction, 138 — onde, 70, 72, 154, 169.
PROCESSUS : atomique, 135 — cosmique, 107, 195, 286, — nucléaire, 76.
PROTON : 52, 68, 75, 76, 80, 83, 198, 206, 220, 226, 229, 273, 276.
PYTHAGORE : 33, 95, 261.

QUANTIQUE : électrodynamique, 215 — théorie du champ, 45, 185, 187, 214, 218, 225, 245, 251, 265 — *koan*, 155 — nombre, 73 — état, 74 — théorie, 9, 18, 43, 51, 69, 70, 77, 78, 135, 195, 211, 214, 265, 292, 294, 308.
QUARKS : 258.

RADAR : 62.
RADHAKRISHNAN, S. : 5, 194, 195, 282.
RADIOACTIVITÉ : 67, 229.
RAISONNEMENT : limites du, 49 — défiance envers le, 115 — transcendé, 151.
RÉACTIONS : chimiques, 76 — nucléaires, 76 — particulaires, 266 — probables, 267, 269, 274, 286.
RÉALITÉ : atomique, 47— nature dynamique, 193 — expérience de la, 43 — de la matière, 70 — multidimensionnelle, 152 — subatomique, 47 — ultime, 24 — indifférenciée, 34.
REGGE, Tullio : formalisme de : 278.
RÉCURRENCE dans le MONDE DES PARTICULES : 252, 253, 259, 260.
RELATIVISTE (cadre) : 152, 170, 172, 204, 206.
RELATIVITÉ (théorie de la) : générale, 65, 177, 200, 212 — restreinte, 64, 177, 204.
RELIGION : 87, 248 — occidentale, 92.
RÉSONANCE : 231, 252, 257, 273, 274.
RIEMANN, Bernhart : 180.
Rig-Veda : 88, 90, 194.
RINZAÏ (école) : 51, 125.
Rita : 194.
RITUEL : 87, 88, 91, 104, 127.
RUSSELL, Bertrand : 33, 48.
RUTHERFORD, Ernest : 67, 69, 71.
RYTHME : 9, 198, 227, 244, 245, 251.

s (matrice en) : propriétés, 280 — singularité, 280 — structure, 278 — diagramme, 266 — principes, 278 — théorie, 266, 291, 304.
SACHS, Mendel : 170.
SAGES CHINOIS : 103, 107, 195.
Samadhi : 134.
Samskara (Sankhara) : 208.
SANSKRIT : 88, 98.
Sanzen : 125.
Satori : 121.
SCHRÖDINGER, Erwin : 68.
SCIENCE : chinoise, 35 — orientale, 167 — grecque, 261 — et mysticisme, 311 — occidentale, 20, 166.
mysticisme, — occidentale.
SCIENTIFIQUE (analyse) : cadre, 278 — méthode, 32.
SENSORIELLE (perception) : 53.
SHAKTI : 95.
Shikantaza : 41.
SHIVA : 45, 93, 150, 246, 247.
SIGMA (particule) : 231, 266.
SOCRATE : 28.
SOLAIRE (système) : 59.
SOLEIL : 76, 172, 180, 200.
SON : 9, 246, 273.
SOTO (école) : 126.
SPIN : 252, 257.
SPONTANÉITÉ : 104, 119.
STAPP, Henry : 135, 139.
STRUCTURES : atomiques, 282 — composées, 291 — fondamentales, 282 — moléculaires, 73, 76.
SUBATOMIQUE (monde) : 53, 68, 82, 151, 160, 212, 220, 229.
Sunyata : 98.
Sutra : 19, 98, 121, 219, 227.
SUZUKI, D.T. : citations : 35, 47, 102, 124, 176, 183, 193, 208, 298.
SYMBOLES : 28, 32, 33, 34, 45.
SYMÉTRIE : conception orientale, 261, 284 — fondamentale, 261 — conception grecque, 261 — dans la physique des particules, 255, 256, 265, 278, 286.

T'ai Chi (symbole du) : 109, 163.
T'ai Chi Chuan : 38, 41, 217.
Tantra : 142.
TANTRIQUE : bouddhisme, 143 — hindouisme, 92.
Tao : de l'être humain, 107 — de la physique, 25.

TAOÏSME : 19, 28, 35, 36, 49, 83, 105, 115, 121, 135, 294.
Tao-Tö king. Voir LAO-TSEU
Tathagata : 195.
Tathata : 100, 134, 193.
TCHANG TSAI : 217, 225, 227.
TCH'EN SUN : 295.
TCHOUANG-TSEU : citations : 29, 30, 40, 103, 107, 110, 115, 116, 120, 123, 145.
TEMPS : absolu, 57 — commencement, 202 — direction, 188 — ralentissement, 174 — expérience mystique, 183 — intervalle, 174, 181 — mesure et relativité, 168.
TENDANCES A EXISTER : 70, 136, 156, 157.
TERRE PURE (école de la) : 101.
THÉORIES : nature approximative : 31, 36, 43, 293.
THIRRING, Walter : 218, 226.
TOZAN : 296.
TRANSFORMATIONS : conception bouddhiste, 97 — conception chinoise, 108 — conception occidentale, 24 — selon Héraclite, 118 — dans le *Yi king*, 113 — dans la physique moderne, 207.
TRIGRAMME : 283.
Trishna : 97.
TROU NOIR : 181, 198.
Ts'ai-ken T'an : 209.

UNIFICATION : des concepts, 151 — de l'espace et du temps, 152.
UNITÉ : de toutes choses, 131 — des opposés, 147, 148 — de l'univers, 24, 70, 175, 213.
UNIVERS : âge, 202 — nature dynamique, 25, 192 — expansion, 200 — oscillation, 202 — structure, 200.
Upanishad : citations : 28, 88, 94, 144, 156, 194, 215.

VACUITÉ : voir VIDE.
Vedanta : 34, 91, 115.
Veda : 19, 87, 110.
VIBRATION : thermique : 198.
VIDE : physique, 226 — bouddhiste, 216 — dans la physique classique, 57 — dans la spiritualité orientale, 214 — grecque, 21 — dans la physique moderne, 224 — taoïste, 214.
VISHNU : 91, 98.
VISION : 190, 297, 304.
VISION DU MONDE : chinoise, 294 — orientale, 19, 26, 206, 213 — mécaniste, 24, 25 — de la physique moderne, 11 — organique, 24, 25.
VITESSE : des particules subatomiques : 158, 173.
VIVEKANANDA, Swami : 190.
VOIE LACTÉE : 200.
VOIE (de réaction) : voir CANAL.

WANG CH'UNG : 108.
WEISSKOPF, Victor : 155.
WEYL, Hermann : 217.
WHEELER, John : 144.
WIGNER, Eugen : 306.
WILHELM, Helmut : 286.
WILHELM, Richard : 40, 287.
Wu-wei : 119.

X (rayons) : 49, 62, 67, 239.

YASUTANI ROSHI : 41, 50.
Yi king : 19, 25, 111, 112, 148, 224, 284, 285.
Yin et yang : 28, 108, 109, 116, 148, 163, 255.
YOGA : 25, 39, 92, 115.
YOGACARA : 281.
YUKAWA, Hideki : 223.
YÜN-MEN : 195.

ZARATHOUSTRA : 95.
Zazen : 126.
ZEN : maître, 45 — vie quotidienne dans le, 125.
Zenrin Kushu : citations : 35, 126.
ZIMMER, Heinrich : 248.

Table des matières

PRÉFACE 9

I. LA VOIE DE LA PHYSIQUE

1. La physique moderne — Un chemin avec un cœur ? 17
2. Connaître et voir 27
3. Au-delà du langage 47
4. La nouvelle physique 54

II. LA VOIE DES MYSTIQUES ORIENTALES

5. L'hindouisme 87
6. Le bouddhisme 95
7. La pensée chinoise 103
8. Le taoïsme 115
9. Le Zen 121

III. LES PARALLÈLES

10. L'unité de toutes choses 133
11. Par-delà le monde des contraires 147
12. L'Espace-Temps 165
13. L'univers dynamique 193
14. Le vide et la forme 211
15. La danse cosmique 229
16. Les symétries quarks — Un nouveau *koan* ? 251
17. Les formes du changement 265
18. Interpénétration 289

ÉPILOGUE 307

INDEX 313

La fabrication de cet ouvrage
a été réalisée
par l'Imprimerie Chirat, 42540 Saint-Just-la-Pendue

Achevé d'imprimer en juin 1979
N° d'édition 650. N° d'impression 2429
Dépôt légal 2e trimestre 1979

ISBN 2-7107-0146-4
IMPRIMÉ EN FRANCE

Les lois de la physique moderne confirment les concepts qui régissent les mystiques de l'Asie : Hindouisme, Bouddhisme, Taoisme.

Le Dr Capra met à notre portée le langage de la physique et nous entraîne dans un fabuleux voyage à travers l'univers des atomes et le monde de la sagesse orientale. Il fait table rase de notre représentation fragmentaire et mécaniste du monde. L'univers devient alors un tout cohérent et harmonieux.

Cadre philosophique pour la physique la plus avancée, la spiritualité orientale nous propose un « lieu » dans lequel notre être peut prendre toute sa dimension.

L'auteur : Le Dr Fritjof CAPRA, diplômé de l'Université de Vienne en 1966, poursuit sa carrière dans le domaine de la physique théorique aux Universités de Paris, de Californie, de Santa Cruz, de Stanford et au Collège Impérial de Londres. Il a, en parallèle à la rédaction de ses écrits scientifiques, réfléchi sur les relations entre les physiques modernes et les mystiques orientales, concrétisant cette réflexion dans de nombreux articles. Il occupe maintenant une chaire à l'Université de Berkeley, en Californie.